

ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет електроенергетики та електромеханіки

(повне найменування факультету)

Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного

(повна назва кафедри)

менеджменту

Магістерська кваліфікаційна робота на тему:

**ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ТОВАРИСТВА З ОБМЕЖЕНОЮ
ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ «ГАЙСИНСЬКИЙ МОЛОКОЗАВОД»**

Виконав: студент 2-го курсу, групи

ЕМ-23м

Освітня програма: «Енергетичний
менеджмент»

(назва ОП)

Спеціальність 141 – Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка

(шифр і назва спеціальності)

Віктор МАЗУРЕНКО

(прізвище та ініціали)

Керівник к.т.н., доц. каф. ЕСЕЕМ

Олексій БАБЕНКО

(прізвище та ініціали)

« 16 » грудня 2024 р.

Допущено до захисту

Завідувач кафедри ЕСЕЕМ

проф. Бурбело М.Й.

(прізвище та ініціали)

« 16 » грудня 2024 р.

Опонент доц. каф. ЕЕМСБ

(прізвище та ініціали)

« 16 » грудня 2024 р.

Вінниця ВНТУ – 2024 року

ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет електроенергетики та електромеханіки
Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту
Освітній ступінь – магістр
Спеціальність 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри ЕСЕЕМ
д.т.н., проф. Бурбело М.Й.

« 17 » 09 2024 р.

**ЗАВДАННЯ
НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**
Мазуренку Віктору Руслановиу

1. Тема роботи Підвищення енергоефективності Товариства з обмеженою відповідальністю «Гайсинський молокозавод».
керівник Бабенко Олексій Вікторович, к.т.н., доц., затверджені наказом 310 від «17» вересня 2024 року.

2. Строк подання студентом роботи «10» грудня 2024 року.

3. Вихідні дані: однолінійна схема підприємства; відомості про електричні навантаження цехів; відомості про особливості технологічних процесів та навколишнього середовища; відомості про джерела живлення, їх віддаленість; основні техніко-економічні показники (додаток Б).

4. Зміст розрахунково– пояснювальної записки

Анотація

Вступ

1. Характеристики підприємства та режимів електроспоживання

2. Визначення параметрів системи електропостачання на підприємстві Товариства з обмеженою відповідальністю «Гайсинський молокозавод»

3. Оптимізація заходів з енергозбереження в системі електропостачання підприємства

4. Економічна частина роботи

5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.

Висновки.

Список літератури.

Додатки.

5. Перелік графічного матеріалу

– Генеральний план підприємства

– Однолінійна схема

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання пр
Спеціальна частина	Бабенко О.В., к.т.н., доц., каф. ЕСЕМ		
Економічна частина	Шулє Ю.А., к.т.н., доц., каф. ЕСЕМ		
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Войтюк Ю.П., к.т.н., доц., каф. ЕСЕМ		

7. Дата видачі завдання «01» 09 2024 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного роботи	Строк виконання етапів роботи	Пр
1	Характеристики підприємства та режимів електроспоживання	17.09-30.09	Вик
2	Визначення параметрів системи електропостачання на підприємстві Товариство з обмеженою відповідальністю «Гайсинський молокозавод»	01.10-15.10	Вик
3	Оптимізація заходів з енеоргозбереження в системі електропостачання підприємства	16.10-31.10	Вик
4	Економічна частина роботи	01.11-15.11	Вик
5	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	16.11-10.12	Вик

Студент

(підпис)

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

(підпис)

Нормоконтроль

(підпис)

Мазуренко В.Р.

(прізвище та ініціали)

Бабенко О.В.

(прізвище та ініціали)

Войтюк Ю. П.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Мазуренко Віктор Русланович. Підвищення енергоефективності Товариства з обмеженою відповідальністю «Гайсинський молокозавод». Магістерська кваліфікаційна робота. Спеціальність 141 – Електротехнічні системи електроспоживання – Вінниця: ВНТУ, 2024 – 86 с.

У магістерській кваліфікаційній роботі досліджено заходи з покращення енергоефективності підприємства за допомогою системи компенсації реактивної потужності. Дані, що отримані під час практики на заводі, використані для аналізу енергоефективності, врахування параметрів зовнішніх ліній живлення.

В межах науково-дослідної частини роботи виконано розрахунки зниження втрат електроенергії в лініях та трансформаторах від оптимального завантаження трансформаторів та встановлення засобів компенсації реактивної потужності. Описано заходи з охорони праці і безпеки в надзвичайних ситуаціях.

Ключові слова: конденсаторні установки, кабельні лінії, трансформатори.

Рисунків – 7

Таблиць – 31

Бібліографій – 22

ANNOTATION

Mazurenko Viktor Ruslanovich. Increasing the energy efficiency of the Limited Liability Company "Gaisinsky Dairy Plant". Master's qualification work. Specialty 141 - Electrical systems of electricity consumption - Vinnytsia: VNTU, 2024 - 86 p.

The master's qualification work investigates measures to improve the energy efficiency of the enterprise using a reactive power compensation system. The data obtained during practice at the plant were used to analyze energy efficiency, taking into account the parameters of external power lines.

Within the framework of the research part of the work, calculations were made to reduce electricity losses in lines and transformers from optimal transformer loading and installation of reactive power compensation devices. Occupational health and safety measures in emergency situations are described.

Keywords: capacitor units, cable lines, transformers.

Figures – 7

Tables – 31

Bibliographies – 22

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1 ХАРАКТЕРИСТИКИ ПІДПРИЄМСТВА І РЕЖИМІВ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ.....	10
1.1 Особливості технологічного процесу підприємства.....	10
1.2 Відомості електричні навантаження підприємства	10
РОЗДІЛ 2 ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДПРИЄМСТВА.....	12
2.1 Розрахунок електричних навантажень підприємства.....	12
2.2 Вибір і розміщення підстанцій	16
2.2.1 Вибір цехових трансформаторних підстанцій.....	16
2.2.2 Вибір місць для розміщення підстанцій.....	15
2.3 Вибір схем електропостачання	18
2.3.1 Вибір зовнішньої схеми електропостачання.....	18
2.3.2 Вибір схеми та основних елементів внутрішньої мережі.....	19
2.4 Розрахунки параметрів зовнішнього електропостачання з використанням сервісу SiCAD.....	21
РОЗДІЛ 3 ЗНИЖЕННЯ ВТРАТ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ В МЕРЕЖІ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДПРИЄМСТВА	23
3.1 Застосування засобів компенсації реактивної потужності	23
3.2 Балансова задача компенсації реактивної потужності	24
3.3 Економічна задача КРП	25
3.4 Економічний ефект від компенсації реактивної потужності.....	26
3.5 Розрахунок компенсації реактивної потужності в мережах підприємства.....	27
3.6 Розрахунок зниження втрат електроенергії в електричній мережі внаслідок КРП з використанням методу середніх навантажень.....	28

РОЗДІЛ 4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ.....	37
4.1 Техніко-економічне обґрунтування роботи.....	37
4.2 Розрахунок капіталовкладень в систему електропостачання.....	39
4.3 Розрахунок поточних витрат.....	42
4.3.1 Розрахунок потреби в робочій силі.....	42
4.3.2 Розрахунок витрат по заробітній платі.....	44
4.3.3 Планування вартості матеріалів, що витрачаються.....	47
4.3.4 Визначення амортизаційних відрахувань і інших витрат.....	49
4.4. Розрахунок собівартості електроенергії.....	50
4.4.1 Розрахунок річного споживання і втрат електроенергії. Розрахунок оплати за електроенергію.....	50
4.4.2 Розрахунок собівартості електроенергії.....	52
4.5 Висновки.....	54
РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	55
5.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкту.....	55
5.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць в пожежонебезпечних зонах	55
5.1.2 Електробезпека.....	57
5.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії.....	58
5.2.1 Мікроклімат.....	58
5.2.2 Склад повітря робочої зони.....	59
5.2.3 Виробниче освітлення.....	59
5.2.4 Виробничий шум.....	61
5.2.5 Виробничі вібрації.....	62
5.2.6 Психофізіологічні фактори	63

5.3 Безпека у надзвичайних ситуаціях. Дослідження стійкості роботи системи електропостачання ТОВ «Гайсинський молокозавод» в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій.....	64
5.3.1 Дослідження стійкості роботи системи електропостачання приватного підприємства «Гайсинський молокозавод» умовах дії іонізуючого випромінювання	65
5.3.2 Дослідження безпеки роботи системи електропостачання ТОВ «Гайсинський молокозавод» в умовах дії електромагнітного імпульсу.....	67
5.4 Розробка заходів по підвищенню безпеки роботи системи електропостачання ТОВ «Гайсинський молокозавод» в умовах дії загрозливих чинників НС	69
5.5 Висновок.....	71
ВИСНОВКИ.....	72
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	73
ДОДАТКИ.....	76
Додаток А Технічне завдання.....	77
Додаток Б Вихідні дані.....	80
Додаток В Протокол перевірки кваліфікаційної роботи наявність текстових запозичень	81
Додаток Г Ілюстративна частина	82

ВСТУП

Актуальність теми. Ефективне електропостачання підприємства «Гайсинський молокозавод» суттєво залежить від проектування системи електропостачання вказаного підприємства. У зв'язку з цим є суттєвим акцент на виборі оптимальних засобів живлення, сучасного електрообладнання та запровадження в експлуатацію новітньої кабельно-провідникової продукції з метою поліпшення рівня надійності електропостачання, а також якості електроенергії у мережах підприємства.

Правильний вибір та поєднання елементів системи електропостачання ТОВ «Гайсинський молокозавод» в великій мірі сприяють підвищенню ефективності роботи підприємства. Отже, вибір ефективних систем для живлення, застосування сучасного електрообладнання, а також кабельно-провідникової, підвищення надійності електропостачання, а також застосування компенсації реактивної потужності в мережах підприємств є досить важливими.

Мета та задачі роботи. Мета магістерської кваліфікаційної роботи – розроблення та обґрунтування заходів з підвищення рівня енергоефективності системи електропостачання підприємства.

Об'єкт дослідження – система електропостачання Товариства з обмеженою відповідальністю «Гайсинський молокозавод».

Предмет дослідження – втрати електричної енергії в системі електропостачання ТОВ «Гайсинський молокозавод».

Методи досліджень. У магістерській кваліфікаційній роботі використано загально прийняті математичні методи розрахунку. Також застосовано метод середніх навантажень при розрахунку втрат електроенергії в електричній мережі.

Наукова новизна. Обґрунтовано ефективність сукупного використання компенсації реактивної потужності та оптимального завантаження трансформаторів в системі електропостачання ТОВ «Гайсинський

молокозавод», що дозволяє знизити втрати електроенергії в лініях та трансформаторах більше ніж на 30%.

Практичне значення одержаних результатів. Проведені розрахунки дозволяють запропонувати ТОВ «Гайсинський молокозавод» використання компенсації реактивної потужності та заходи з оптимального завантаження трансформаторів.

Апробація результатів магістерської кваліфікаційної роботи. Теоретичні положення та вагомі практичні результати здійсненого дослідження було обговорено на науково-технічній конференції підрозділів ВНТУ у 2024 р. [23].

РОЗДІЛ 1

ХАРАКТЕРИСТИКИ ПІДПРИЄМСТВА І РЕЖИМІВ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

1.1 Особливості технологічного процесу підприємства

ТОВ «Гайсинський молокозавод» розташований в місті Гайсині Вінницької області. Підприємство побудоване в 1932 році. Не дивлячись на такий суттєвий вік, підприємство експлуатує сучасне високотехнологічне обладнання, і при цьому зберігає колишні старі традиції, а також культуру виробництва сирів і масел.

За останні десять років завод було суттєво технологічно модернізовано.

Цех з прийому сировини став більшзбагачений сучасним обладнанням, на котрому проводиться як бактофугування, так і сепарація та пастеризація. Останнє дозволяє приводити молоко, яке закуповується до необхідних параметрів.

Повністю здійснено реконструкцію цеху із виробництва м'яких та твердих сирів. Модернізовано камери для дозрівання сиру. Також побудовані додаткові приміщення для зберігання готової продукції. При виробництві сирів побічним продуктом є молочна сироватка. Тривалі роки сироватку виливали. Це, в свою чергу, завдавало суттєвої шкоди навколишньому середовищу.

Підприємство живиться по двох лініях 10 кВ, має на балансі 2 трансформатори, потужність 630 та 1000 кВА. Основними споживачами є електроприводи, холодильники, а також споживачі термічної обробки.

1.2 Відомості електричні навантаження підприємства

Підприємство по ступеню надійності електропостачання належать до споживачів II категорії.

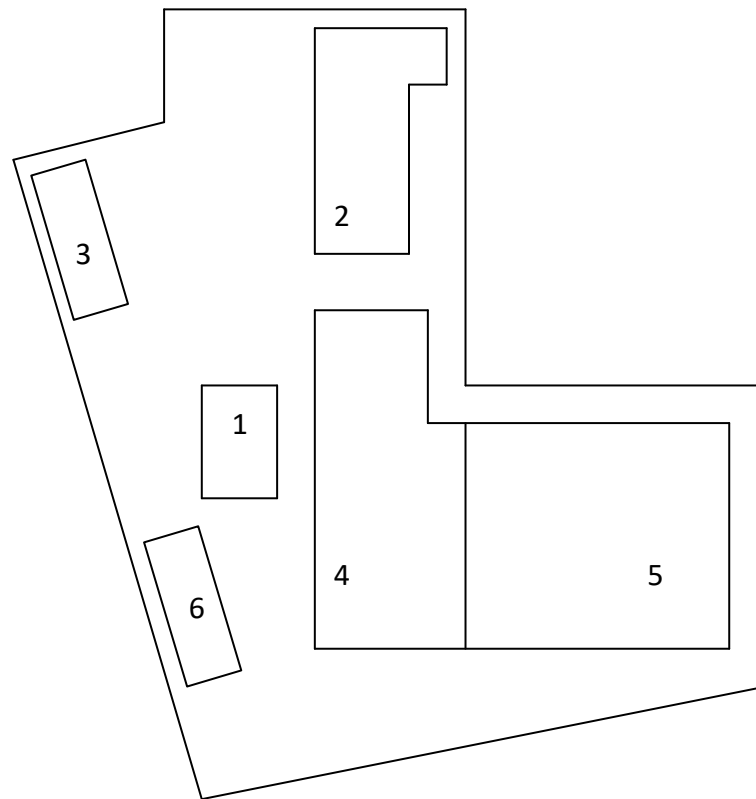


Рисунок 1.1 – Генплан товариства з обмеженою відповідальністю
«Гайсинський молокозавод»

Таблиця 1.1–Відомості про електричні навантаження підприємства

Вузли живлення ЕП	Рн
1. Котельня	95
2. Маслоцех	110
3.Казеїновий цех	205
4.Сироробний цех	175
5.Приймально-апаратний цех	85
6. Механічні майстерні	65

Найбільш потужним виробничим об'єктом підприємства є казеїновий цех, потужність якої становить 205 кВт. Деякі споживачі цеху належать до до 2-ї категорії з надійності електропостачання.

РОЗДІЛ 2

ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДПРИЄМСТВА

2.1 Розрахунок електричних навантажень підприємства

Визначення електричних навантажень підприємства здійснюється з метою вибору кількості та потужності трансформаторів, а також перевірки струмоведучих частин і елементів за нагрівом і за втратами напруги, коректного вибору захисних пристроїв та комутуючих апаратів. Електричні навантаження промислового підприємства зумовлюють вибір усіх елементів системи.

Розрахункова потужність для цехів промислового підприємства визначається з використанням методу коефіцієнта попиту (на прикладі котельні):

$$P_{м_с} = K_{п} \cdot P_{н}, \quad (2.1)$$

де $P_{м_с}$ - розрахункова активна потужність силового обладнання цеху, кВт;

$K_{п}$ - коефіцієнт попиту;

$P_{н}$ - номінальна потужність цеху, кВт.

$$P_{м_с} = 0,5 \cdot 125 = 62,5 \text{ (кВт)}.$$

Розрахункова реактивна потужність цеху визначається по формулі, квар:

$$Q_{м_с} = P_{м_с} \cdot \operatorname{tg} \varphi, \quad (2.2)$$

де $\operatorname{tg} \varphi$ - коефіцієнт реактивної потужності

$$Q_{м_с} = 62,5 \cdot 0,8 = 50 \text{ (квар)}.$$

Визначимо розрахункові потужності для електричного освітлення, кВт:

а) розрахункова активна потужність:

$$P_{мо} = P_{пит} \cdot K_{по} \cdot K_{пра} \cdot F, \quad (2.3)$$

де $P_{мо}$ - розрахункова потужність освітлення кВт,

$R_{\text{пит}}$ - питома щільність навантаження освітлення, кВт/м²

$K_{\text{по}}$ - коефіцієнт попиту навантаження освітлення, визначаємо по[1];

$K_{\text{пра}}$ – коефіцієнт втрат потужності в пускорегулювальній апаратурі;

F -площа цеху, м²

$$P_{\text{мо}} = 0.02 \cdot 0.8 \cdot 1,2 \cdot 300 = 5,76 \text{ (кВт)}.$$

а) розрахункова реактивна потужність:

$$Q_{\text{м_о}} = P_{\text{мо}} \cdot \text{tg}\varphi_0,$$

$$Q_{\text{м_о}} = 5,76 \cdot 0,43 = 2,45 \text{ (квар)}.$$

Визначимо сумарну активну, а також реактивну розрахункові потужності, кВт, квар:

$$P_{\text{р}} = P_{\text{мс}} + P_{\text{мо}}.$$

$$P_{\text{р}} = 62,5 + 5,76 = 68,26 \text{ (кВт)}.$$

$$Q_{\text{р}} = Q_{\text{мс}} + Q_{\text{мо}}.$$

$$Q_{\text{р}} = 50 + 2,45 = 52,45 \text{ (квар)}.$$

Повна розрахункова потужність цеху визначається за формулою:

$$S_{\text{р}} = \sqrt{P_{\text{р}}^2 + Q_{\text{р}}^2} \text{ (кВА)}$$

$$S_{\text{р}} = \sqrt{68,26^2 + 52,45^2} = 86,09 \text{ (кВА)}$$

Для всіх інших цехів розрахунки будемо проводити аналогічно в табличній формі. (Таблиця 2.1)

Розраховуємо активну реактивну, а також повну потужності
максимально-розрахункову по заводу в цілому

а) активна потужність

$$P_{\text{м.сум}} = k_o \cdot \sum_{i=1}^6 P_{m.i} = 1 \cdot 504,42 = 504,42 \text{ (кВт)}$$

де k_o – коефіцієнт одночасності

б) реактивна потужність

$$Q_{\text{м.сум}} = k_o \cdot \sum_{i=1}^6 Q_{m.i} = 1 \cdot 424,66 = 424,66 \text{ (кВТ)}$$

в) повна потужність

$$S_{\text{р.сум}} = \sqrt{504,42^2 + 424,66^2} = 659,38 \text{ (кВА)}$$

Таблиця 2.1 – Розрахунок навантажень підприємства

Назва цеху/об'єкту	$P_n(\text{кВт})$	K_p	$\cos(\varphi_c)$	$\tg(\varphi_c)$	$P_m(\text{кВт})$	$Q_m(\text{квар})$	F, м ²	$P_{\text{пит.}}$	$K_{\text{пра}}$	$K_{\text{по}}$	$\tg(\varphi_o)$	$P_{\text{мо}}$	$Q_{\text{мо}}$	$P_p(\text{кВт})$	$Q_p(\text{квар})$	$S_p(\text{кВа})$	$I_p(\text{кВа})$
1. Котельня	95	0,5	0,75	0,8	47,5	38	300	0,02	1,2	0,8	0,43	5,76	2,45	53,26	40,45	66,88	101,62
2. Маслоцех	110	0,5	0,75	0,88	55	48,4	900	0,02	1,2	0,8	0,43	17,3	7,36	72,28	55,76	91,29	138,70
3.Казейновий цех	205	0,5	0,75	0,88	102,5	90,2	250	0,02	1,2	0,8	0,43	4,8	2,04	107,30	92,24	141,50	214,99
4.Сироробний цех	175	0,5	0,75	1,02	87,5	89,25	1500	0,02	1,2	1	0,43	34,2	14,57	121,70	103,82	159,97	243,04
5.Приймально- апаратний цех	85	0,4	0,75	1,02	34	34,68	1650	0,01	1,2	1	0,43	18,8	8,01	52,81	42,69	67,91	103,18
6. Механічні майстерні	65	0,4	0,75	1,02	26	26,52	320	0,01	1,2	0,8	0,43	3,07	1,31	29,07	27,83	40,24	61,15
	735						4920,00							436,42	362,80	567,53	32,77

2.2 Вибір і розміщення підстанцій

2.2.1 Вибір цехових трансформаторних підстанцій

При виборі числа трансформаторів в ТП слід враховувати, що 1-трансформаторні цехові підстанції є рекомендовано використовувати: при навантаженнях III і II категорій, що допускають у разі аварії перерву живлення на період доставки і улаштування трансформатора із складського резерву; за незначної (до 15-25%) потужності споживачів I категорії та можливості забезпечення резервування на нижчій напрузі від сусідньої підстанції.

Двотрансформаторні підстанції застосовуються коли більшість споживачів I і II категорій, що не допускають перерви для електропостачання на період заміни пошкодженого трансформатора.

Потужність та число цехових ТП суттєво впливають на техніко-економічні показники заводської і цехових мереж.

Визначимо загальні максимальні потужності цехів та їх загальну площу (значення взято із таблиці 2.2).:

$$S_{\text{сум}} = \sum_{i=1}^6 S_{m.i} = 567,53 \text{ (кВА)};$$

$$F_{\text{сум}} = \sum_{i=1}^6 F_{m.i} = 4920 \text{ (м}^2\text{)}.$$

Середнє питоме значення навантаження на 1 м² площі

$$S_{\text{num}} = \frac{S_{\Sigma}}{F_{\Sigma}} = \frac{567,53}{4920} = 0,12 \text{ (кВА/м}^2\text{)} \quad (2.4)$$

Із розрахунку видно, що середня густина розрахункового навантаження дорівнює 0,12 кВА/м². За такої густини розрахункового значення навантаження доцільно вибирати потужності трансформаторів 630 кВА та 1000 кВА.

Отже можна вибрати трансформаторні підстанції з $S_{\text{ном.т}} = 630 \text{ кВ} \cdot \text{А}$. або $S_{\text{ном.т}} = 1000 \text{ кВ} \cdot \text{А}$

Розглянемо два варіанти:

1. При $S_{ек} = S_{ном.т.} = 630$ кВА число ТП

$$N_{ек} = \frac{S_{\Sigma}}{S_{ек} k_3} = \frac{567,53}{630 \cdot (0,9 - 0,95)} = 1,0 - 0,95 \text{ (шт)} \quad (2.5)$$

Отже, завод може житися через один трансформатор, потужністю 630 кВА.

2. При $S_{ек} = S_{ном.тр} = 1000$ кВА число ТП

$$N_{ек} = \frac{S_{\Sigma}}{S_{ек} k_3} = \frac{567,53}{1000 \cdot (0,9 - 0,95)} = 0,63 - 0,59 \text{ (шт)}$$

В цьому випадку також може бути використано один трансформатор, потужністю 1000 кВА. Коефіцієнти завантаження трансформаторів приведені в таблиці 2.2

Таблиця 2.2 – Вибір цехових ТП.

Номер цеху	S_m , кВА	$S_{ном.т.} = 630$ кВА		$S_{ном.т.} = 1000$ кВА	
		N, шт	k_3	N, шт	k_3
1,2,3,4,5,6	567,53	1	0,9	1	0,56

Враховуючи що на підприємстві функціонують споживачі котрі відносяться до II категорії за вимогами стосовно надійності споживачів електроенергії, і те, що на підприємстві встановлено 2 трансформатори, потужністю 630 та 1000 кВА (один основний і другий резервний), підтверджуємо ефективність експлуатації діючої підстанції.

Переріз живлячої кабельної лінії за термічною стійкістю до дії струмів КЗ, мм :

$$s \geq \frac{I_K \sqrt{t_{вим}}}{C_m}, \quad (2.7)$$

де I_K – струм КЗ, А;

$t_{вим}$ – час вимикання струму короткого замикання (до 2 с);

C_m – термічний коефіцієнт, $\frac{A \cdot c^{0,5}}{мм^2}$, (для кабелів із зшитого поліетилену він дорівнює 94).

$$s \geq \frac{2000 \sqrt{2}}{94} \geq 30,08 \text{ (мм}^2\text{)}.$$

Обираємо кабель АПвЕгаПу 3×35-10 з допустимим струмом $I_{доп}=119$ А для нормальних умов прокладання.

2.3.2 Вибір схеми та основних елементів внутрішньої мережі

На підприємствах розташованих у місті всі розподільні мережі 0,38/0,22 кВ в основному реалізуються кабельними.

Враховуючи що поблизу заводу проходять дві повітряні лінії від підстанцій 35/10 кВ і 110/35/10 кВ, пропонується заживити розподільчий пристрій підприємства кабельними лініями з кабелями із зшитого поліетилену АПвЕгаПу 3×35-10, які з'єднуються з повітряними лініями на опорах.

Виконання внутрішньої розподільчої мережі магістрального, радіального або ж змішаного типу. Вибір схеми виконується на базі всебічного аналізу технічних і економічних показників.

Вибираємо радіальну схему для електропостачання (рис.2.3)

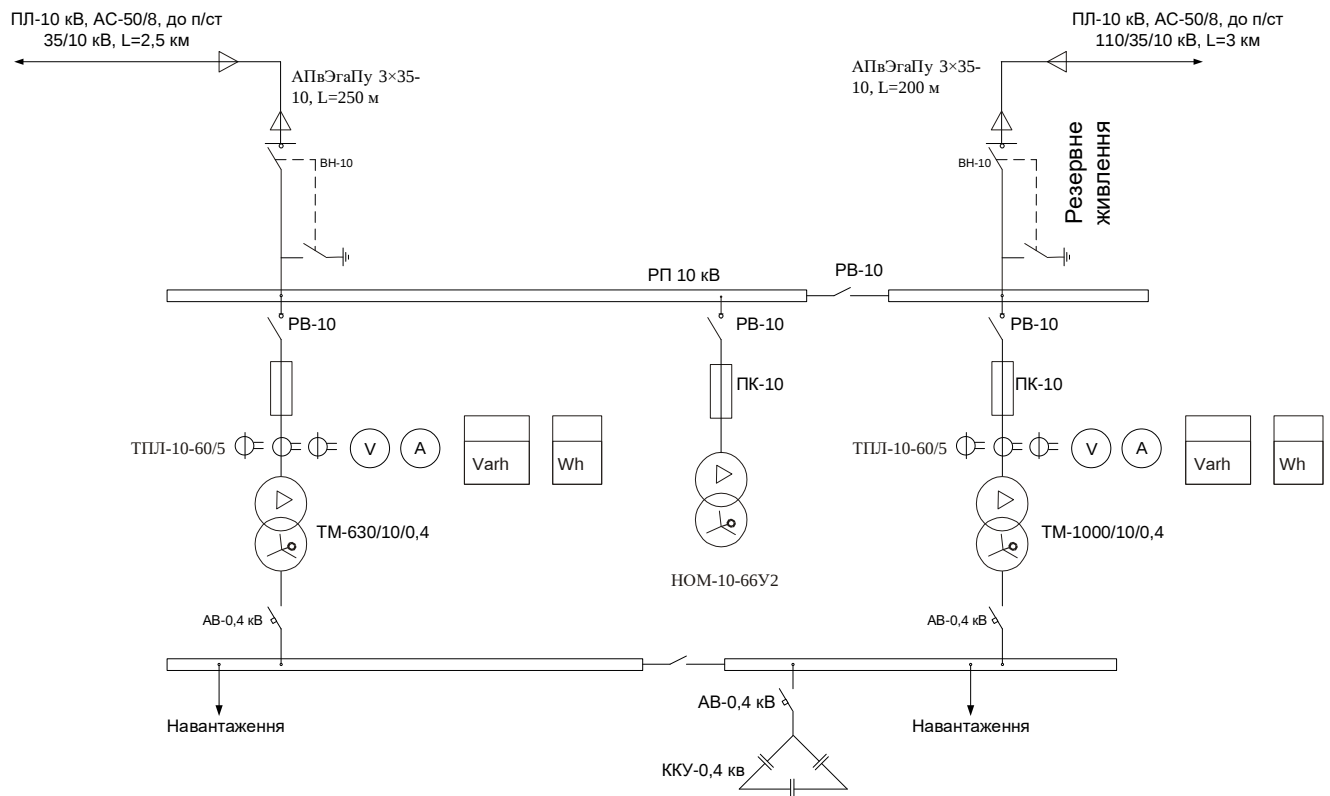


Рисунок 2.3 – Схема електропостачання підприємства

Вибір вимикачів навантаження в мережі підприємства

Вимикачі навантаження вибираються за номінальною напругою та розрахунковим струмом з урахуванням післяаварійних режимів.

$$\begin{aligned} U_{\text{ном.в}} &\geq U_{\text{ном.мережі}}, \\ I_{\text{ном.в}} &\geq I_{\text{мах}}. \end{aligned} \quad (2.8)$$

Визначимо струм для нормального та післяаварійного режимів до ліній живлення підприємства напругою 10 кВ:

$$I_p = \frac{567,53}{\sqrt{3} \cdot 10} = 32,7 (\text{А}).$$

Для установки на стороні 10 кВ обираємо вимикач навантаження типу ВН-10/400.

$$I_{don} = 400(A) \geq I_{max} = 32,7(A).$$

Результати розрахунку приведені в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 - Вибір вимикачів навантаження.

Лінія	I_m , А	I_{max} , А	Вимикач	$I_{ном.в}$, А
ЕЕС-РП-10	32,7	32,7	ВН-10/400	400

2.4 Розрахунки параметрів зовнішнього електропостачання з використанням сервісу SiCAD

Побудовано схему електричної мережі зовнішнього електропостачання з застосуванням сервісу програмного забезпечення SiCAD (Додаток Е). У вказаному програмному забезпеченні було розраховано електричні параметри зовнішнього електропостачання, а також отримано наступні результати: дані про джерело живлення (рис. 2.4), інформацію про споживачі мережі (рис. 2.5), інформацію про розрахункові струми для ділянок мережі (рис. 2.6) а також втрати напруги на ділянках (рис. 2.7).

Навантаження джерела живлення	
Диспетчерське найменування:	35/10
Тип трансформатора	ТМН-6300/35/10
Номінальна потужність трансформатора, кВА	6300
Розрахункова потужність на трансформаторі, кВт	813.28
cosφ:	0.92
Повна розрахункова потужність на трансформаторі, кВА	884
Коефіцієнт завантаження трансформатора	0.14

Рисунок 2.4 – Дані про джерело живлення (Підстанцію 35/10 кВ)

Перелік споживачів у мережі					
№	Найменування	Тип трансформатора	Номинальна потужність трансформатора, кВА	Коефіцієнт завантаження трансформатора	cosφ:
1	Т 10/0,4	ТМ 630/10	630	1	0.92
2	ЗТП 338/250	ТМ 250/10	250	1	0.92
3	ТП 311/160	ТМ 160/10	160	1	0.92

Рисунок 2.5 – Інформація про споживачі мережі

Розрахунковий струм I _p					
№	Назва траси	Ділянка (№ опори - № опори)	Розрахунковий струм I _p , А	Тип проводу	Номинальний струм проводу, А
1	Л 3	Т 35/10 Р - Л Звузол1	51.04	ААБл 3х120(ож)-10	248
2	Л 3	Л Звузол1 - ЗТП 338/250	51.04	ААБл 3х120(ож)-10	248
3	Л 3	20 - 21	41.05	АС 50/8	215
4	Л 3	21 - ТП 311/160	9.24	АС 50/8	215

Рисунок 2.6 – Розрахункові струми на ділянках мережі

Втрати напруги dU						
№	Назва траси	№ опори найбільш віддаленого приєднання	Втрати напруги dU, %	Втрати напруги dU, В	Рівень напруги U, В	Відхилення від номінального значення напруги, %
1	Л 3	ТП 311/160	0.43	43	9957	-0.43
2	Л3	Молокозавод	1.2	120	9880	-1.2

Рисунок 2.7 – Втрати напруги в електричній мережі

РОЗДІЛ 3

ЗНИЖЕННЯ ВТРАТ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ В МЕРЕЖІ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДПРИЄМСТВА

3.1 Застосування засобів компенсації реактивної потужності

Передумовою для розрахунків параметрів компенсації реактивних навантажень будь-яким методом є визначення місць розміщення компенсаційних установок. Розташування синхронних машин визначається з врахуванням вимог технологічного процесу. Аналіз можливих варіантів для розташування БК в електричних мережах промислових підприємств дозволяє сформулювати наступні принципи стосовно їх попереднього розміщення:

- компенсація РП розраховується на робочу напругу електроприймачів та КУ розміщуються якомога ближче до них;
- наявність на підприємствах споживачів різної потужності і напруги (0,38-10) кВ з різним часом роботи протягом доби зумовлює застосуванням комбінованих варіантів розміщення БК;
- в першу чергу визначається чи є можливе використання індивідуальної компенсації, що найбільшою мірою є відповідною до сучасних вимог щодо регулювання генерації реактивної потужності відповідно з її споживанням за відсутності витрат на засоби управління а також комутаційну апаратуру;
- для компенсації реактивної потужності для решти електроприймачів невеликої потужності та різного режиму роботи є передбачено групову компенсацію;
- для реалізації компенсації найменших реактивних навантажень в окремих вузлах передбачаються нерегульовані БК;
- у разі розгалужених електричних мереж (коли є проміжні РУ, РП до та вище 1000 В, цехові ТП, шинопроводи) встановлення групових батарей конденсаторів попередньо намічається на більш низьких рівнях для схеми електропостачання (що ближче до електроприймачів);

- обмеження на установлення БК можуть бути задіяні відповідно до умов навколишнього середовища, техніки безпеки та відсутності БК.

Керуючись вказаними принципами, можна попередньо визначити місця розташування БК, наближених до оптимального розміщення. В процесі розрахунків вказані місця уточнюються.

3.2 Балансова задача компенсації реактивної потужності

Балансова задача КРП полягає у знаходженні оптимального розташування КП в мережі підсистеми. Балансову задачу розглянемо на прикладі радіальної схеми електропостачання для двох двотрансформаторної підстанцій (рисунок 3.1).

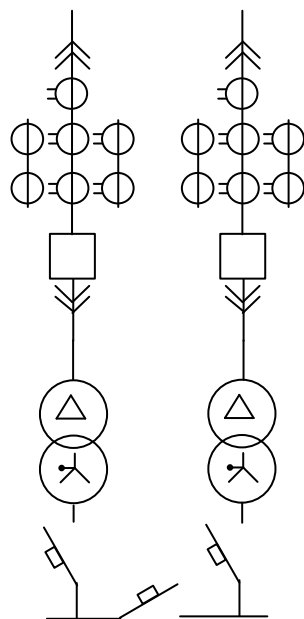


Рисунок 3.1 – Схема електропостачання підприємства

В даному випадку можна проводити розрахунки зі знаходження оптимальної потужності КП 0,38 кВ за критерієм мінімуму втрат в системі електропостачання. Схему заміщення електричної мережі, яка містить лише необхідні елементи, наведено на рисунку 3.2.

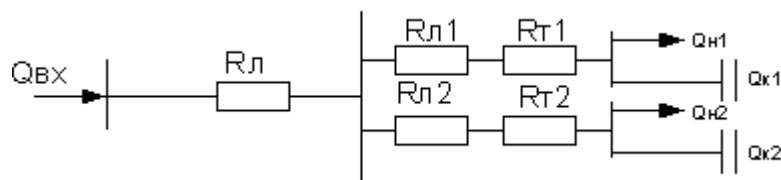


Рисунок 3.2 – Схема заміщення електричної мережі

Балансова задача:

$$\Delta P = \frac{Q_1^2}{U^2} R_1 + \frac{Q_2^2}{U^2} R_2 + \dots \rightarrow \min;$$

$$Q_1 + Q_2 + \dots = Q_{e1},$$

де Q_{e1} – задане вхідне економічне значення реактивної потужності.

Розв'язавши таку задачу методом неозначених множників Лагранжа, вирази для вхідних значень реактивних потужностей ТП набувають вигляду:

$$Q_1 = Q_{e1} \frac{1/R_1}{1/R_1 + 1/R_2 + \dots};$$

$$Q_2 = Q_{e1} \frac{1/R_2}{1/R_1 + 1/R_2 + \dots}; \dots$$

3.3 Економічна задача компенсації реактивної потужності

Розв'язання економічної задачі КРП полягає у знаходженні на основі системного підходу оптимального значення вхідної реактивної потужності або ж ступеня КРП для мережі підсистеми чи окремого підприємства. В задачах КРП цільова функція може бути сформована у вигляді квадратичної моделі (тобто не враховуючи вплив реактивної потужності на напругу), котру подають у двох формах – через максимальні або ж середні навантаження. Однак для другої форми питома вартість втрат є визначена лише паливною складовою. Зроблено висновок, що вибір КУ нерегульованих в мережі можна здійснювати тільки за середніми навантаженнями. Водночас, оскільки нерегульовані КУ мають певне обмежене застосування, то для отримання оптимальних рішень під час вибору регульованих КУ необхідним є врахування графіків реактивних навантажень споживачів.

3.4 Економічний ефект від компенсації реактивної потужності

Більшість сучасних електроустановок містять у собі комбіноване (активне і реактивне) навантаження. Споживання реактивної потужності від енергопостачальної компанії не є доцільне оскільки, окрім прямих фінансових втрат, призводить до:

- зниження пропускної здатності кабелів;
- збільшення втрат активної енергії;
- падіння напруги в електричній мережі.

Тому, компенсація реактивної потужності є найдешевшим та ефективним засобом підвищення показників енергоексплуатації, що знижує усі види втрат .

Показником, який характеризує ефективність використання потужності – є $\cos\varphi$. Це відношення активної складової до повної (повна містить активну та реактивну потужність) .

Чим нижчий $\cos\varphi$ тим більші є втрати потужності, а також напруги живлення у мережі підприємства. Використання установок для компенсації реактивної потужності доречно на підприємствах, які використовують такі споживачі (наведено в табл. 3.1):

Таблиця 3.1–Показники $\cos\varphi$ по різному обладнанню

Назва обладнання	$\cos\varphi$
Асинхронні двигуни і компресори	0,7
Асинхронні двигуни за неповного завантаження та верстати	0,5
Електролізні установки і електродугові печі	0,6
Індукційні печі	0,2-0,6
Водяні насоси	0,8
Зварювальні трансформатори	0,4
Лампи денного світла (натрієві, ртутні та металогалогенні)	0,5-0,6

Для підвищення $\cos\varphi$ можна застосовувати різні засоби, проте найефективнішим є використання установок компенсації реактивної потужності, котрі автоматично здійснюють аналіз поточного $\cos\varphi$ і, керуючи секціями конденсаторних батарей, сприяють його наближенню до ідеального значення - 1.

Правильно підібрана установка дозволяє знизити фінансові витрати за електроенергію у середньому на 5-10% щомісячно із терміном її окупності 2-6 місяців.

Додатковим бонусом при цьому виникає стабілізація напруги в електричній мережі, можливість підключення додаткових електричних навантажень в межах виділеного підприємству обсягу потужності та збільшення терміну служби обладнання.

У разі, якщо на підприємстві уже експлуатується стара (часто не автоматизована) система КРП, то її модернізація дозволяє підняти коефіцієнт корисної дії, а також убезпечитися від недокомпенсації чи ризику перетікання реактивної енергії в загальну мережу.

3.5 Розрахунок компенсації реактивної потужності в мережах підприємства

Схема розрахункової мережі даного підприємства зображена у додатку В. Вхідна реактивна потужність, яка задана енергосистемою, дорівнює $Q_e = 0,04$ МВАр. Електрична мережа підприємства живиться від двох трансформаторів, потужністю 630 та 1000 кВА (останній є резервний і в нормальному режимі роботи є виключений). Для розрахунку компенсації реактивної потужності в мережах підприємства напочатку визначимо сумарну потужність батарей статичних конденсаторів, які необхідно встановити:

$$Q_k = Q_m - Q_e, \quad (3.1)$$

$$Q_k = 0,362 - 0,04 = 0,322 \text{ Мвар.}$$

Результати розрахунків зведемо в таблицю

Таблиця 3.2 – Вибір потужностей КУ

Q_k	$Q_{k, \text{розр, квар}}$	$Q_{k, \text{стандарт, квар}}$
Q_{k1}	322	330

3.6 Розрахунок зниження втрат електроенергії в електричній мережі внаслідок КРП з використанням методу середніх навантажень

Як було показано в попередньому пункті, для досягнення заданого значення вхідної реактивної потужності потрібно застосувати конденсаторні батареї з потужністю 330 квар.

Визначимо зниження втрат активної потужності в лінії і трансформаторі в результаті впровадження компенсаційних установок. Визначення втрат електроенергії засноване на використанні середнього навантаження, коефіцієнта форми графіка навантаження еквівалентного опору

$$\Delta W = 3I_{сер}^2 \cdot K_{\phi}^2 \cdot R_{екв} \cdot T = \frac{P_{сер}^2 + Q_{сер}^2}{U^2} \cdot K_{\phi}^2 \cdot R_{екв} \cdot T, \quad (3.4)$$

де K_{ϕ}^2 – квадрат коефіцієнта форми графіка струму навантаження; R_e – еквівалентний опір електричної мережі.

Підприємство працює 3 зміни. Було отримано дані про споживання активної та реактивної потужності за одну зміну споживачами, які живляться однією лінією через один трансформатор, потужністю 630 кВА.

В табл. 3.3 наведено значення вказаних потужностей. Графіки споживання потужностей за дві інші зміни схожі, тому вказані дані не наводимо.

Таблиця 3.3 – Потужності графіку навантажень за робчу зміну

	t зміни, годин								
	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Рл1, кВт	350	370	380	430	350	410	400	350	200
Qл1, квар	250	305	310	360	250	330	300	250	150

Відповідно до значень потужностей отримано струми ліній. Результати вказано в табл. 3.4.

Таблиця 3.4 – Струми навантажень лінії 1

Іл1, А	24,83	27,68	28,31	32,38	24,83	30,39	28,87	24,83	14,43
---------------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Визначення втрат електроенергії в лінії 1:

а) визначення середнього значення струму в лінії 1

$$I_{сер} = \frac{\sum_{i=1}^9 I_{л-1_i}}{9} = 26,28 \text{ А.}$$

б) визначення ефективного значення струму через лінію 1

$$I_e = \frac{\sum_{i=1}^9 I_{л-1_i}^2 \cdot t_i}{\sum_{i=1}^9 t_i} = 26,73 \text{ А.}$$

в) визначення коефіцієнта форми графіка струму через лінію 1

$$k_\phi = \frac{I_e}{I_c} = \frac{26,73}{26,28} = 1,017.$$

г) визначення втрат активної енергії за добу в лінії 1

$$\Delta W = 3 I_{сер}^2 \cdot K_\phi^2 \cdot R_{екв} \cdot T = 3 \cdot 26,28^2 \cdot 1,017^2 \cdot 2,18 \cdot 24 \cdot 10^{-3} = 108,9 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Враховуючи, що підприємство працює 365 днів на рік, то річний обсяг втрат

активної енергії в лінії л1 дорівнює 39756 кВт·год. В розрахунку прийнято значення сумарного опору кабельної лінії і трансформатора, який дорівнює 2,18 Ом.

Змодельюємо вплив компенсації реактивної потужності на зниження втрат в лінії зовнішнього електропостачання та трансформаторі. Враховуючи, що реактивна потужність, що задана енергосистемою складає 40 квар, подамо таблицю з потужностями, котрі споживаються споживачами підприємства з врахуванням КРП (табл. 3.5).

Таблиця 3.5 – Потужності підприємства після КРП

	t зміни, год								
	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Рл1, кВт	350	370	380	430	350	410	400	350	200
Qл1, квар	40	40	40	40	40	40	40	40	40

Розраховано струми навантаження після КРП. Результати подано в табл. 3.6.

Таблиця 3.6 – Струми навантажень ліній

л1, А	20,34	21,49	22,06	24,93	20,34	23,78	23,21	20,34	11,78
--------------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Визначення втрат електроенергії в лінії 1:

а) визначення середнього значення струму в лінії 1

$$I_{сер} = \frac{\sum_{i=1}^9 I_{л-1_i}}{9} = 20,91 \text{ А.}$$

б) визначення ефективного значення струму через лінію 1

$$I_e = \frac{\sum_{i=1}^9 I_{л-1_i}^2 \cdot t_i}{\sum_{i=1}^9 t_i} = 21,2 \text{ А.}$$

в) визначення коефіцієнта форми графіка струму через лінію 1

$$k_\phi = \frac{I_e}{I_{сер}} = \frac{21,2}{20,91} = 1,015.$$

г) визначення втрат активної енергії за добу в лінії 1

$$\Delta W = 3 I_c^2 \cdot K_\phi^2 \cdot R_e \cdot T = 3 \cdot 20,91^2 \cdot 1,015^2 \cdot 2,18 \cdot 24 \cdot 10^{-3} = 68,65 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Враховуючи, що підприємство працює цілий рік (365 днів), то річний обсяг втрат активної енергії в лінії та трансформаторі дорівнює 25060 кВт·год.

Загальний результат впливу КРП на втрати в лінії наведено в табл. 3.6.

Таблиця 3.6 – Результати компенсації РП

Після КРП			До КРП			Різниця	
Wдоб	68,65855	кВт*год	Wдоб	108,92248	кВт*год	40,263929	кВт*год
Wрічн	25060,37	кВт*год	Wрічн	39756,705	кВт*год	14696,334	кВт*год
В	213013,1	грн	В	337931,99	грн	124918,84	грн

В таблиці наведені значення вартості втрат активної енергії з врахуванням тарифу 8,5 грн/кВт·год.

На підприємстві працює один трансформатор 630 кВА, а інший трансформатор 1000 кВА знаходиться в резерві. Перевіримо ефективність застосування двох трансформаторів з врахуванням компенсації реактивної потужності.

В табл. 3.7 наведено значення потужностей за 8-годинну зміну у разі застосування двох трансформаторів. Графіки споживання потужностей за дві інші зміни схожі, тому вказані дані не наводимо.

Таблиця 3.7 – Потужності графіку навантажень за робчу зміну

	t зміни, годин								
	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Рл1, кВт	175	185	190	215	175	205	200	175	100
Qл1, квар	125	152,5	155	180	125	165	150	125	75
Рл2, кВт	175	185	190	215	175	205	200	175	100
Qл2, квар	125	152,5	155	180	125	165	150	125	75

Відповідно до значень потужностей отримано струми ліній. Результати вказано в табл. 3.8.

Таблиця 3.8 – Струми навантажень ліній до КРП

Іл1, А	12,42	13,84	14,16	16,19	12,42	15,19	14,43	12,42	7,22
Іл2, А	12,42	13,84	14,16	16,19	12,42	15,19	14,43	12,42	7,22

Визначення втрат електроенергії в лінії 1:

а) визначення середнього значення струму в лінії 1

$$I_{сер} = \frac{\sum_{i=1}^9 I_{л-1_i}}{9} = 13,14 \text{ А.}$$

б) визначення ефективного значення струму через лінію 1

$$I_e = \frac{\sum_{i=1}^9 I_{л-1_i}^2 \cdot t_i}{\sum_{i=1}^9 t_i} = 13,36 \text{ А.}$$

в) визначення коефіцієнта форми графіка струму через лінію 1

$$k_{\phi} = \frac{I_e}{I_c} = \frac{13,36}{13,14} = 1,017.$$

г) визначення втрат активної енергії за добу в лінії 1

$$\Delta W = 3I_{cep}^2 \cdot K_{\phi}^2 \cdot R_{екв} \cdot T = 3 \cdot 13,14^2 \cdot 1,017^2 \cdot 2,18 \cdot 24 \cdot 10^{-3} = 27,23 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

Враховуючи, що підприємство працює 365 днів на рік, то річний обсяг втрат активної енергії в лінії л1 дорівнює 9939 кВт·год.

Визначення втрат електроенергії в лінії 2:

а) визначення середнього значення струму в лінії 2

$$I_{cep} = \frac{\sum_{i=1}^9 I_{л-2_i}}{9} = 13,14 \text{ А}.$$

б) визначення ефективного значення струму через лінію 2

$$I_e = \frac{\sum_{i=1}^9 I_{л-1_i}^2 \cdot t_i}{\sum_{i=1}^9 t_i} = 13,36 \text{ А}.$$

в) визначення коефіцієнта форми графіка струму через лінію 2

$$k_{\phi} = \frac{I_e}{I_c} = \frac{13,36}{13,14} = 1,017.$$

г) визначення втрат активної енергії за добу в лінії 2

$$\Delta W = 3I_{cep}^2 \cdot K_{\phi}^2 \cdot R_{екв} \cdot T = 3 \cdot 13,14^2 \cdot 1,017^2 \cdot 1,28 \cdot 24 \cdot 10^{-3} = 16,42 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

Враховуючи, що підприємство працює 365 днів на рік, то річний обсяг втрат активної енергії в лінії л1 дорівнює 59,95 кВт·год.

Змоделюємо вплив компенсації реактивної потужності на зниження втрат в лінії зовнішнього електропостачання та трансформаторі. Враховуючи, що реактивна потужність, що задана енергосистемою складає 40 квар, подамо таблицю з потужностями, котрі споживаються споживачами підприємства з врахуванням КРП (табл. 3.9).

Таблиця 3.9 – Потужності підприємства після КРП

	t зміни, год								
	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Рл1, кВт	175	185	190	215	175	205	200	175	100
Qл1, квар	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Рл2, кВт	175	185	190	215	175	205	200	175	100
Qл2, квар	20	20	20	20	20	20	20	20	20

Розраховано струми навантаження після КРП. Результати подано в табл. 3.10.

Таблиця 3.10 – Струми навантажень ліній після КРП

Іл1, А	10,17	10,74	11,03	12,47	10,17	11,89	11,60	10,17	5,89
Іл2, А	10,17	10,74	11,03	12,47	10,17	11,89	11,60	10,17	5,89

Визначення втрат електроенергії в лінії 1:

а) визначення середнього значення струму в лінії 1

$$I_{cep} = 10,45 \text{ А}.$$

б) визначення ефективного значення струму через лінію 1

$$I_e = 10,61 \text{ A.}$$

в) визначення коефіцієнта форми графіка струму через лінію 1

$$k_\phi = 1,015.$$

г) визначення втрат активної енергії за добу в лінії 1

$$\Delta W = 3I_c^2 \cdot K_\phi^2 \cdot R_e \cdot T = 3 \cdot 10,45^2 \cdot 1,015^2 \cdot 2,18 \cdot 24 \cdot 10^{-3} = 17,16 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Враховуючи, що підприємство працює цілий рік (365 днів), то річний обсяг втрат активної енергії в лінії та трансформаторі дорівнює 6265 кВт·год.

Визначення втрат електроенергії в лінії 2:

а) визначення середнього значення струму в лінії 2

$$I_{сеп} = 10,45 \text{ A.}$$

б) визначення ефективного значення струму через лінію 2

$$I_e = 10,61 \text{ A.}$$

в) визначення коефіцієнта форми графіка струму через лінію 2

$$k_\phi = 1,015.$$

г) визначення втрат активної енергії за добу в лінії 2

$$\Delta W = 3I_c^2 \cdot K_{\phi}^2 \cdot R_e \cdot T = 3 \cdot 10,45^2 \cdot 1,015^2 \cdot 1,28 \cdot 24 \cdot 10^{-3} = 10,35 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

Враховуючи, що підприємство працює цілий рік (365 днів), то річний обсяг втрат активної енергії в лінії та трансформаторі дорівнює 3779 кВт·год.

Загальний результат впливу КРП на втрати в лінії наведено в табл. 3.11.

Таблиця 3.11 – Результати компенсації РП

Після КРП і оптимізації завантаження тр-рів			До КРП			Різниця		
Wдоб	27,51855	кВт*год	Wдоб	108,92248	кВт*год		81,403927	кВт*год
Wрічн	10044,27	кВт*год	Wрічн	39756,705	кВт*год		29712,433	кВт*год
В	79707,54	грн	В	337931,99	грн		258224,45	грн

Висновок

В результаті компенсації реактивної потужності з використанням компенсаційних установок потужністю 330 квар, зниження втрат в лінії і трансформаторі становить 15000 кВт*год за рік, що складає 36%. При цьому вартість зниження втрат енергії складає понад 125000 грн в рік.

У випадку живлення підприємства від двох трансформаторів, потужністю 630 та 1000 кВА і застосування КРП, зниження втрат в лінії і трансформаторі становить 30000 кВт*год за рік, що складає 75%. При цьому вартість зниження втрат енергії складає 260000 грн в рік.

РОЗДІЛ 4

ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

4.1 Техніко-економічне обґрунтування роботи

Суть техніко-економічного обґрунтування роботи полягає у проведенні попередніх техніко економічних розрахунків, які підтверджуються доцільність капіталовкладень в даний енергетичний об'єкт [22].

Доцільність реалізації проекту обґрунтовується:

- задоволення потреб суспільства продукцією підприємства;
- створення нових робочих місць та працевлаштуванням населення;
- надання необхідних послуг;
- прибутковістю;
- окупністю капіталовкладень, і т.д.
- Вихідні дані для розрахунку:
- виручка від реалізації продукції $B = 10$ (млн. грн./рік);
- середньооблікова чисельність персоналу $Ч = 6$;
- середньорічний фонд заробітної плати одного працівника разом з нарахуванням на соціальні потреби $З_{П1}$, грн./рік;
- питома заробітна плата в собівартості продукції $d = 12\%$;
- первісна або балансова вартість основних фондів $\Phi = 5$ млн грн;
- нормований коефіцієнт ефективності капіталовкладень: $E_H = 0,1$;
- нормований термін окупності, років: $T_{ок} = 10$.
- середньомісячна зарплата одного працівника $З = 12000$ грн./міс.

Середньорічний фонд заробітної плати одного працівника:

$$З_{П1} = 3 \cdot 12 \cdot 10^{-6} = 12000 \cdot 12 \cdot 10^{-6} = 0,144 \text{ (млн грн/рік)}, \quad (4.1)$$

Повна собівартість продукції:

$$C = \frac{1,38 \cdot \varphi \cdot 3_{II1}}{d} = \frac{1,38 \cdot 6 \cdot 0,144}{0,12} = 9,2 \text{ (млн грн/рік)}, \quad (4.2)$$

Балансовий прибуток:

$$\Pi = B - C = 10 - 9,2 = 0,8 \text{ (млн грн/рік)}, \quad (4.3)$$

Визначаємо термін окупності даного підприємства:

$$T_{op} = \frac{\Phi}{\Pi} = \frac{5}{0,8} = 6,25 \text{ (років)}, \quad (4.4)$$

$$T_{op} = 6,25 < T_{ок} = 10 \text{ (років)}.$$

Даний термін не перевищує нормативний, отже розрахунок системи електропостачання є прибутковим.

Відповідно до схеми електричної мережі підприємства та вихідних даних у табл. 4.1, 4.2, необхідно виконати такі розрахунки:

1. Розрахувати величину капітальних вкладень в трансформаторні підстанції, кабельні лінії та високовольтні вимикачі.

2. Розрахувати оплату за спожиту електроенергію.

3. Розрахувати величину складових експлуатаційних витрат:

- витрат в мережах підприємства;
- витрат на заробітну плату;
- витрат на матеріали;
- амортизаційних витрат.

4. Розрахувати собівартість електроенергії на підприємстві, розрахунки занесені до табл. 4.1 та 4.2.

Таблиця 4.1 – Характеристики трансформаторних підстанцій

Підстанція	Тип трансформатора	Кількість трансформаторів	Факт. потужність підстанції, кВА
ТП	ТМ-630	1	567

Таблиця 4.2 – Відомості про кабельні лінії

Найменування ліній	Довжина лінії від ТП до ГПП, км	Марка кабелю	К-сть
ЕС-ТП1	3	АПвЭгаПу 3×35-10	1

Рекомендації до виконання:

1. Оплату за спожиту електроенергію розраховують по тарифам: 7 грн/кВт·год
2. Прийняти норму амортизації – 6%,
3. Нарахування:
 - в пенсійний фонд – 33,3%,
 - у фонд зайнятості – 1,5%,
 - на соціальне страхування – 1,5%.

4.2 Розрахунок капіталовкладень в систему електропостачання

Розрахунок капіталовкладень в лінії електропередач виконуємо за вартістю кабелів та вартістю їх прокладання [22].

Капітальні вкладення для ліній електропередач:

$$K_L = (K_{\text{пит}} \cdot n + K_{\text{прок}}) \cdot L, \quad (4.5)$$

де $K_{\text{пит}}$ – питома вартість на 1 км лінії, тис. грн./км;

$K_{\text{прок}}$ – питома вартість прокладання, тис. грн./км;

L – довжина лінії електропередачі, км.

n – кількість кабелів в траншеї, шт.

Результати розрахунків заносимо в таб. 4.3.

Таблиця 4.3 – Розрахунок капіталовкладень для ліній електропередач

Назва лінії	Марка проводу	Кількість	Довжина, км	$K_{\text{пит}}$, тис.грн	$K_{\text{прок}}$, тис.грн	$K_{\text{л}}$, тис.грн
ЕС-ТП	АПвЭгаПу 3×35-10	1	0,25	73,84	2,44	19,07
Разом						19,07

Капітальні вкладення для електричних підстанцій [22]:

$$K_{\text{пс}} = \sum_{i=1}^l K_{\text{псі}} + K_{\text{пост}}, \quad (4.6)$$

де $K_{\text{псі}}$ – вартість однієї трансформаторної підстанції, тис. грн.;

$K_{\text{пост}}$ – постійні витрати, що практично не залежать від потужності підстанції і пов'язані з устроєм території, зі створенням майстерень, лабораторій і диспетчерських пунктів, з будівництвом житла тощо, тис. грн. Постійні витрати прийняти у розмірі 20 % від повної вартості всіх підстанцій.

Результати розрахунків заносимо в табл. 4.4.

Таблиця 4.4 – Розрахунок капіталовкладень для електричних підстанцій

Назва	Тип т-ра	Кількість	Код, тис.грн	$K_{\text{пост}}$, тис.грн	$K_{\text{пс}}$, тис.грн
Трансформатор струму		2	7	1,4	19,6

Продовження таблиці 4.4

Назва	Тип т-ра	Кількість	Код, тис.грн	Кпост, тис.грн	Кпс, тис.грн
Лічильник електронний активної та реактивної енергії		2	15	3	33
Конденсаторна установка		1	300	60	360
ТП	ТМ-630	1	69,55	13,91	83,46
Разом					476,4

Розрахуємо сумарну вартість вимикачів. Відповідно до однолінійної схеми кількість вимикачів 10 кВ – 2 шт. Вартість вимикача 70 тис. грн.

Сумарна вартість вимикачів:

$$K_B = 2 \cdot 70 = 140 \text{ (тис. грн.)}. \quad (4.7)$$

Вартість підстанцій з вимикачами:

$$K_{пс} = 476,4 + 140 = 616,46 \text{ (тис. грн.)} \quad (4.8)$$

Відповідно сумарна величина капітальних вкладень в систему електропостачання підприємства:

$$K = 19,07 + 616,46 = 635,53 \text{ (тис. грн.)}. \quad (4.9)$$

4.3 Розрахунок поточних витрат

4.3.1 Розрахунок потреби в робочій силі

Планова трудомісткість визначається, люд.-год./рік:

$$T = \Pi \cdot t_{\text{норм}} \cdot h, \quad (4.10)$$

де Π – кількість ремонтів даного виду за рік, на одиницю обладнання;

$t_{\text{норм}}$ – норма трудомісткості поточного ремонту або огляду, люд.-год. [22];

h – кількість обладнання певного діапазону потужності, що належить до цього виду ремонтних робіт.

Проводимо розрахунки трудомісткості ремонту електрообладнання та заносимо їх результати до табл.4.6.

Планова трудомісткість технічного обслуговування кожної групи енергетичного устаткування і мереж складає, люд.-год./рік:

$$T_{\text{то}} = 12 \cdot t_{\text{пр}} \cdot K_{\text{ср}} \cdot K_{\text{зм}} \cdot h, \quad (4.11)$$

де 12 – кількість місяців у році;

$t_{\text{пр}}$ – планова (таблична) трудомісткість поточного ремонту одиниці устаткування люд.-год [22];

$K_{\text{ср}}$ – коефіцієнт складності ремонту, який показує частку трудомісткості поточного ремонту, необхідну для технічного обслуговування енергетичного обладнання і мереж на кожен місяць планованого року, 1/міс, $K_{\text{ср}} = 0,1$.

h – кількість обладнання в групі.

Проводимо розрахунки трудомісткості технічного обслуговування іншого електрообладнання та заносимо їх результати до табл.4.5, та табл. 4.6.

Таблиця 4.5 – Трудомісткість поточного ремонту та огляду

Обладнання	К-ть	Поточний ремонт			Огляд		
		К-сть на одини цю облад. рем/рі к	Норма трудоміст кості люд.год.	Заг. трудміст кість люд.год.	К-сть на одини цю облад. огл/рі к	Норма трудоміст кості люд.год.	Заг. трудміст кість люд.год.
Вимикач 10 кВ	2	1	16	32	2	2	8
Трансформатор струму	2	1	16	32	2	1	4
Конденсаторна установка	2	1	16	32	2	1	4
ТМ-630	1	0,33	120	39,6	2	9	18
Кабельна лінія АПвЭгаПу 3×35-10	1	2	72	144	1	18	18
Разом				279,6			52

Таблиця 4.6 – Трудомісткість технічного обслуговування і загальна трудомісткість

Обладнання	К-ть	Технічне обслуговування				Загальна трудомісткість обслуговування люд.год.
		Змінність роботи	Коеф. складності	К-ть місяців	Загал. трудо-місткість люд.год.	
Вимикач 10 кВ	2	2	0,1	12	230,4	374,4
Трансформатор струму	1	2	0,1	12	38,4	50,4
Конденсаторна установка	1	2	0,1	12	38,4	50,4
ТМ-630	1	1	0,1	12	432	756
Кабельна лінія АПвЭгаПу 3×35-10	0,25	2	0,1	12	51,84	57,24
Разом					842,88	1345,72

Відповідно знаходимо кількість експлуатаційних робітників, чол.:

$$H_{обс} = \frac{1345,72}{1900 \cdot 1,05} = 0,64, \quad (4.12)$$

та персоналу для ремонтних робіт, чол.:

$$H_{мр} = \frac{1057,491}{1900 \cdot 1,1} = 0,48. \quad (4.13)$$

Приймаємо за нормами ПУЕ $H_{тр} = 2$ чол., $H_{обс} = 2$ чол.

4.3.2 Розрахунок витрат по заробітній платі

Фонд прямої заробітної плати:

а) для робітників, зайнятих на роботах по експлуатації й обслуговуванню енергообладнання і мереж, розраховується за формулою, грн./рік:

$$\Phi_e = H_{обс} \cdot \beta_n \cdot t_{ге} \cdot \Phi_d, \quad (4.14)$$

Годинну тарифну ставку рекомендується розраховувати за формулою:

$$t_{ге} = ((K3 + K4) / 2) \cdot C_I, \quad (4.15)$$

де $K3, K4$ – тарифні коефіцієнти III та IV розрядів, відповідно, [22];

C_I – годинна тарифна ставка, що відповідає I розряду, визначається за формулою:

$$C_I = \frac{3_{\min} \cdot K_{\epsilon i}}{\Phi_H}, \quad (4.16)$$

$$C_I = 6700 \cdot 1 / 176 = 38,07 \text{ (грн./год.)}.$$

Тоді годинна тарифна ставка 3,5 розряду становитиме:

$$t_{ге} = ((1,18 + 1,27) / 2) \cdot 38,07 = 46,63 \text{ (грн./год.)}, \quad (4.17)$$

Заробітна плата робітників-погодинників:

$$\Phi_{\epsilon} = 2 \cdot 0,9 \cdot 46,63 \cdot 1900 = 159486,65 \text{ (грн./рік)}, \quad (4.18)$$

б) для робітників, які виконують поточний ремонт енергоустаткування, фонд прямої заробітної плати розраховується за формулою, грн./рік:

$$\Phi_p = T_{пр} \cdot t_{гр}, \quad (4.19)$$

$$t_{гр} = ((K4 + K5) / 2) \cdot C_I, \quad (4.20)$$

де $K4, K5$ – тарифні коефіцієнти IV та V розрядів, відповідно, [22].

Розраховуємо годинну тарифну ставку 4,5 розряду:

$$t_{\text{гр}} = ((1,27 + 1,36) / 2) \cdot 38,07 = 50,06 \text{ (грн./год.)},$$

$$\Phi_p = 426 \cdot 50,06 = 21327,56 \text{ (грн./рік)}.$$

Фонд основної заробітної плати, грн./рік:

$$\Phi_o = \Phi(1 + 0,05 + 0,01 + \alpha), \text{ (грн./рік)}, \quad (4.21)$$

де Φ – тарифний фонд Φ_e експлуатаційних робітників або фонд прямої заробітної плати Φ_p ремонтного персоналу, грн./рік;

0,01 - частка доплат за роботу у святкові дні;

0,05 - частка доплат за роботу в нічний час;

α – частка преміальних доплат для відповідної категорії робітників.

Величина основної заробітної плати для експлуатаційних робітників:

$$\Phi_{oe} = 159486,65 \cdot (1 + 0,05 + 0,01 + 0,2) = 190289,98 \text{ (грн./рік)}, \quad (4.22)$$

Для ремонтних:

$$\Phi_{op} = 41407,46 \cdot (1 + 0,05 + 0,01 + 0,25) = 51759,325 \text{ (грн./рік)}. \quad (4.23)$$

Величина додаткової заробітної плати визначається в розмірі 15% від фонду основної заробітної плати. Тому сумарна величина фонду з врахуванням додаткової заробітної плати складе, грн./рік:

$$\Phi_{од} = \Phi_o \cdot 1,15, \quad (4.24)$$

$$\Phi_{оед} = 190289,98 \cdot 1,15 = 219803,47 \text{ (грн./рік)},$$

$$\Phi_{орд} = 51759,325 \cdot 1,15 = 59523,21 \text{ (грн./рік)}.$$

З метою утворення фонду соціального страхування здійснюються нарахування на заробітну плату. З цього фонду кошти витрачаються на виплату по тимчасовій втраті працездатності, оплату відпусток по вагітності, санаторно-курортні лікування й організацію відпочинку працівників, оздоровчі заходи для дітей працівників та інше.

Крім того, на заробітну плату здійснюються нарахування в пенсійний фонд та фонд зайнятості. Отже, витрати по заробітній платі ($C_{зп}$) розраховуються так, грн./рік:

$$C_{зп} = \Phi_{об} \cdot \left(1 + \frac{\beta_{п} + \beta_{з} + \beta_{с}}{100}\right), \quad (4.25)$$

де $\beta_{п}$ - нарахування в пенсійний фонд, $\beta_{п} = 33\%$;

$\beta_{з}$ - нарахування у фонд зайнятості, $\beta_{з} = 1,5\%$;

$\beta_{с}$ - нарахування на соціальне страхування, $\beta_{с} = 1,5\%$.

Розраховуємо витрати по заробітній платі експлуатаційному персоналу:

$$C_{зпе} = 219803,47 \cdot \left(1 + \frac{33 + 1,5 + 1,5}{100}\right) = 299248.99 \text{ (грн./рік)},$$

Також ремонтному персоналу:

$$C_{зпр} = 59523,21 \cdot \left(1 + \frac{33 + 1,5 + 1,5}{100}\right) = 80946.36 \text{ (грн./рік)}.$$

4.3.3 Планування вартості матеріалів, що витрачаються

Необхідні для розрахунку дані заносимо до табл. 4.7.

Таблиця 4.7 – Розрахунок вартості матеріалів, включених у норму витрат

Вартість матеріалу	Грн
ТМ-630	22700
Трансформатор струму	2000
Трансформатор напруги	2000

Вартість матеріалу на технічну операцію:

$$C_{\text{м}} = 0,01 \cdot (\sum_{i=1}^n C_{0i} \cdot T_i + L \cdot C_{\text{л0}}), \quad (4.26)$$

де C_{0i} – питома вартість витратних матеріалів на обслуговування i -го виду трансформаторів,

T_i – трудомісткість обслуговування i -го виду трансформаторів,

L – сумарна довжина кабелів,

$C_{\text{л0}}$ – питома вартість матеріалів на обслуговування кабелів.

Отже, вартість матеріалів на ремонт: $C_{\text{мпр}} = 26969,83$ (грн/рік);

і вартість матеріалів на технічне обслуговування: $C_{\text{мто}} = 171616,98$ (грн/рік);

Отже, можна розрахувати:

витрати на обслуговування електроустановок і мереж, тис. грн/рік:

$$C_{\text{обс}} = C_{\text{зпе}} + C_{\text{мто}}, \quad (4.27)$$

$$C_{\text{обс}} = 299248,99 + 171616,98 = 470865,97 \text{ (грн/рік);}$$

та витрати на їх поточний ремонт, грн/рік:

$$C_{\text{пр}} = C_{\text{зпр}} + C_{\text{мпр}}, \quad (4.28)$$

$$C_{\text{пр}} = 80946,36 + 26969,83 = 107916,19 \text{ (грн/рік).}$$

4.3.4 Визначення амортизаційних відрахувань і інших витрат

Знаходимо амортизаційні відрахування за формулою:

$$C_a = a \cdot K, \quad (4.29)$$

де a – норма амортизації, %
 K – капіталовкладення, грн.

$$C_a = 0,06 \cdot 1240350 = 74421 \text{ (грн/рік)}.$$

Окремою складовою в кошторисі річних поточних витрат є інші витрати:

$$C_{ip} = \beta_{ip}(C_{обс} + C_{пр} + C_a); \quad (4.30)$$

де β_{ip} - коефіцієнт відрахувань на інші витрати.

$$C_{ip} = 0,25 \cdot (470865,97 + 107916,19 + 74421) = 163300,79 \text{ (грн/рік)}.$$

Після визначення всіх елементів витрат підприємства, необхідних для передавання і розподілення електроенергії, зведемо їх в табл 4.8.

Таблиця 4.8 – Кошторис річних поточних витрат

Стаття витрат	Величина витрат, грн	Структура, % до підсумку
Витрати по експлуатації енергоустаткування і мереж	470865,97	57,6
Стаття витрат	Величина витрат, грн	Структура, % до підсумку
Витрати на поточний ремонт	107916,19	13,2

Витрати на амортизацію	74421	9,1
Інші витрати	163300,79	20,00
Разом	816504,95	100,00

4.4. Розрахунок собівартості електроенергії

4.4.1 Розрахунок річного споживання і втрат електроенергії. Розрахунок оплати за електроенергію

Розрахунок обсягу споживання визначається, виходячи з розрахункової потужності, яка визначається як добуток установленної (номінальної) потужності усіх електроприймачів, коефіцієнта попиту і кількості годин використання максимуму навантаження, тис. кВт·год./рік:

$$E_{ai} = P_p \cdot T_{mi}, = K_p \cdot P_{ном} \cdot T_{mi}, \quad (4.31)$$

де P_p – розрахункова потужність і-го цеху, кВт;

T_{mi} – річна тривалість використання максимуму активного навантаження і-ого цеху, год.;

K_p – коефіцієнт попиту.

Аналогічно визначаємо річні витрати активної електроенергії для інших цехів. Результати розрахунків заносимо в табл. 4.9.

Таблиця 4.9 – Річні витрати активної електроенергії по цехах

Назва цеху	К-сть змін	Тм, год.	cos φ	Рр, кВт	Еа, кВт·год./рік
Цех 1-3	1	3024	0,7	100	302400
Цех 4-6	1	3024	0,7	100	302400
Разом					604800

Необхідно також визначити річні витрати реактивної електроенергії.

Втрати електроенергії в лініях розраховуємо так:

$$\Delta E_{\text{л}} = 3 \cdot n \cdot I_{\text{м}}^2 \cdot R \cdot \tau \cdot 10^{-3}, \quad (4.32)$$

де $I_{\text{м}}$ – максимальний струм у лінії, А;

τ – час максимальних втрат, год./рік.

R – активний опір проводу або кабелю однієї фази, Ом;

$$R = r_0 \cdot L; \quad (4.33)$$

де r_0 – питомий опір однієї фази кабелю, Ом / км [22].

Для лінії ЦРП – ТП1. Струм лінії живлення, А:

$$I_{\text{м}} = \frac{S_{\text{м}}}{\sqrt{3} U_{\text{Н}}}. \quad (4.34)$$

Виконуємо розрахунок втрат електроенергії в інших лініях і результати заносимо до табл. 4.10.

Таблиця 4.10 – Втрати електроенергії в лініях

Лінія	Марка проводу	К- сть ліній	Довжина, км	$I_{\text{м}}$, А	R , Ом	τ , год./рік	$\Delta E_{\text{л}}$, кВт·год.
ЕС - ТП	АПвЭгаПу 3×35-10	1	3	10,5	1,28	1225,313	518
Разом							518

Втрати електроенергії в ТП визначають за формулою, тис. кВт·год./рік:

$$\Delta E_T = n \cdot \Delta P_{xx} \cdot T_p + \frac{1}{n} \cdot \Delta P_{кз} \cdot \left(\frac{S_\phi}{S_n} \right)^2 \cdot \tau, \quad (4.35)$$

де n - кількість трансформаторів;

$\Delta P_{кз}$ і ΔP_{xx} – величини номінальних втрат у трансформаторах, відповідно, при короткому замиканні і холостому ході, кВт;

T_p - час роботи трансформаторів, год./рік (приймається рівним 8760 год./рік);

S_ϕ - фактична потужність, яка передається через трансформатори, кВА;

S_n - номінальна потужність одного трансформатора, кВА.

Проводимо розрахунок і результати зводимо у табл. 4.11.

Таблиця 4.11 – Втрати енергії в трансформаторах

№	Тип	шт	ΔP_x , кВт	ΔP_k , кВт	S_p , кВА	S_n , кВА	ΔE_T , кВт·год./рік
ТП	ТМ-630	1	0,95	5,9	182	630	12427,369

Загальна потреба підприємства в електроенергії, кВт·год./рік:

$$E = E_a + \Delta E_l + \Delta E_T \quad (4.36)$$

$$E = 604800 + 518 + 12427,3696 = 618263 \text{ (кВт·год./рік)}.$$

Оплата за спожиту електроенергію:

$$\Pi = 5,5 \cdot 618263 = 3400448 \text{ (грн.)}; \quad (4.37)$$

4.4.2 Розрахунок собівартості електроенергії

Собівартість корисної, споживаної підприємством кіловат-години електроенергії, коп./кВтг:

$$S = \frac{C_{\text{сум}} \cdot 100}{E_a}, \quad (4.38)$$

де $C_{\text{сум}}$ – величина сумарних витрат підприємства на електроенергію, тис.грн/рік;

E_a – річна кількість корисно споживаної підприємством електроенергії, тобто без врахування втрат у лініях і трансформаторах, кВт·год./рік.

Отже, загальні (сумарні) витрати підприємства на електроенергію за рік будуть складати, тис. грн./рік:

$$C_{\text{сум}} = \Pi + C_{\Pi}, \quad (4.39)$$

де Π – оплата за спожиту електроенергію;

C_{Π} – річні витрати підприємства при передаванні електроенергії.

Річні витрати промислового підприємства, зв'язані з передаванням і розподілом електричної енергії, включають такі складові, тис.грн/рік:

$$C_{\Pi} = C_{\text{обс}} + C_{\text{пр}} + C_a + C_{\text{ір}}, \quad (4.40)$$

де $C_{\text{обс}}$ – витрати підприємства на матеріали та зарплату персоналу при обслуговуванні електромереж і устаткування, грн/рік.;

$C_{\text{пр}}$ – річні витрати на поточний ремонт устаткування і мереж, грн/рік;

C_a – амортизаційні відрахування при експлуатації електроустановок підприємства, грн/рік;

$$C_{\Pi} = 470865,97 + 107916,19 + 74421 + 163300,79 = 816504,95 \text{ (грн/рік)}.$$

Отже, сумарні витрати:

$$C_{\text{сум}} = 3400448 + 816504,95 = 4216953 \text{ (грн/рік)}.$$

Отже, собівартість електроенергії:

$$S = \frac{4216953 \cdot 100}{604800} = 6,97 \text{ (грн./кВт·год.)}.$$

Для наочності результати розрахунків зводимо в табл. 4.12.

Таблиця 4.12 –Результати розрахунків

Показники	Позначення	Величина показників	Одиниця вимірювання
Кількість корисно спожитої електроенергії	E_a	604800	кВт·год
Річне споживання електроенергії із втратами	E	618263	кВт·год
Плата за електроенергію	Π	3400448	грн
Витрати на передачу і розподіл електроенергії	C_{Π}	816504,95	грн
Сумарні витрати підприємства	$C_{\text{сум}}$	4216953	грн
Собівартість електроенергії	S	697	коп/кВт·год

4.5 Висновки

В даному розділі магістерської кваліфікаційної роботи було проведено розрахунок основних техніко-економічних показників спроектованої СЕП підприємства та розраховано собівартість електричної енергії, яка склала 697 коп/кВт·год.

РОЗДІЛ 5

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

У цьому розділі магістерської дипломної роботи розробляються заходи з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях під час підвищення ефективності в системі електропостачання ТОВ «Гайсинський молокозавод». На електротехнічний технологічний персонал, який здійснює реконструкцію та обслуговування електрообладнання даного об'єкта, впливають наступні небезпечні та шкідливі виробничі фактори [12, 13]:

Фізичні фактори: мікроклімат (температура, вологість, швидкість руху повітря, інфрачервоне випромінювання); виробничий шум, ультразвук, інфразвук; вібрація (локальна, загальна); освітлення: природне (недостатність), штучне (недостатня освітленість, прямий і відбитий сліпучий відблиск тощо).

Хімічні фактори: речовини хімічного походження, аерозолі фіброгенної дії (пил).

Фактори трудового процесу: важкість (тяжкість) праці; напруженість праці. Важкість праці характеризується рівнем загальних енергозатрат організму або фізичним динамічним навантаженням, масою вантажу, що піднімається і переміщується, загальною кількістю стереотипних робочих рухів, величиною статичного навантаження, робочою позою, переміщенням у просторі. Напруженість праці характеризують: інтелектуальні, сенсорні, емоційні навантаження, ступінь монотонності навантажень, режим роботи.

5.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкту

5.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць в пожежонебезпечних зонах

Вимоги поширюються на електроустановки, що розміщуються в пожежонебезпечних зонах всередині і зовні приміщень ТОВ «Гайсинський молокозавод» [15,16]. До експлуатації в пожежонебезпечних зонах допускається

електрообладнання, що відповідає вимогам з урахуванням показників пожежо-вибухонебезпеки матеріалів (рідин, пилу, волокон).

Електрообладнання з частинами, що іскрять під час нормальної роботи або нагріваються понад небезпечні температури (тобто є імовірними джерелами займання) рекомендується встановлювати поза межами пожежонебезпечних зон.

Відкриті частини електричних машин, які нормально іскрять (наприклад, контактні кільця), слід розташовувати на відстані не менше 1 м від місць розміщення горючих матеріалів, або відокремлювати від них екраном з негорючого матеріалу. Переносні електричні ручні машини (електрифікований інструмент), які застосовуються в пожежонебезпечних зонах, повинні мати ступінь захисту оболонок не менше IP44.

В пожежонебезпечних зонах всіх класів рекомендується використовувати силові і освітлювальні розподільчі пункти, що мають ступінь захисту оболонок IP54. Електрообладнання вантажопідіймальних механізмів (кранів, талей тощо), котрі перебувають в пожежонебезпечних зонах і зв'язані з технологічним процесом, повинне мати ступінь захисту оболонок згідно з [15, 16] (як для пересувних механізмів).

В пожежонебезпечних зонах слід використовувати світильники, що мають ступінь захисту не менший, ніж IP44.

В пожежонебезпечних зонах всіх класів крім захисту від струмів КЗ провідники освітлювальних мереж слід захищати від перевантажень.

5.1.2 Електробезпека

Живлення силового обладнання підприємства та системи освітлення здійснюється від чотирьохпровідної трифазної мережі 380 х 220В (фазна напруга (фаза – "0") – 220В, а міжфазна лінійна (фаза – фаза) – 380В).

Категорія умов по небезпеці електротравматизму – особливо небезпечні, так як виконуються назовні.

Технічні рішення щодо запобігання електротравмам:

1) Для запобігання електротравм від контакту з нормально-струмопровідними елементами електроустаткування, необхідно:

- розміщувати неізольовані струмопровідні елементи в окремих приміщеннях з обмеженим доступом, у металевих шафах;

- використовувати засоби орієнтації в електроустаткуванні - написи, таблички, попереджувальні знаки;

- підвід кабелів до споживачів здійснювати у закритих конструкціях підлоги;

2) При живленні однофазних споживачів струму від трипровідної мережі при напрузі до 1000 В використовується нульовий захисний провідник. При його використанні пробій на корпус призводить до КЗ. Спрацьовує захист від КЗ і пошкоджений споживач відключається від мережі.

3) Електрозахисні засоби захисту

Персонал, який обслуговує електроустановки, повинен бути забезпечений випробуваними засобами захисту. Перед застосуванням засобів захисту персонал зобов'язаний перевірити їх справність, відсутність зовнішніх пошкоджень, очистити і протерти від пилу, перевірити за штампом дату наступної перевірки. Користуватися засобами захисту, термін придатності яких вийшов, забороняється.

Використовуються основні та допоміжні електрозахисні засоби. Основними електрозахисними засобами називаються засоби, ізоляція яких тривалий час витримує робочу напругу, що дозволяє дотикатися до струмопровідних частин, які знаходяться під напругою. До них відносяться (до 1000В): ізолювальні штанги; ізолювальні та струмовимірювальні кліщі; покажчики напруги; діелектричні рукавиці; слюсарно-монтажний інструмент з ізольованими ручками.

Додатковими електрозахисними засобами називаються засоби, які захищають персонал від напруги дотику, напруги кроку та попереджають персонал про можливість помилкових дій. До них відносяться (до 1000 В): діелектричні калоші; діелектричні килимки; переносні заземлення; ізолювальні накладки і підставки; захисні пристрої; плакати і знаки безпеки.

Металеві труби та гнучкі металеві рукави повинні бути заземлені. Заземлення повинно відповідати вимогам ДНАОП 0.00-1.21-98 "Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів". Для підключення переносної електроапаратури застосовують гнучкі проводи в надійній ізоляції.

5.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії

5.2.1 Мікроклімат

Мікроклімат приміщення – це сукупність фізичних параметрів повітря в виробничому приміщенні, які діють на людину в процесі праці на її робочому місці, в робочій зоні.

Нормуються параметри мікроклімату в виробничих приміщеннях та гранично допустимі концентрації шкідливих речовин в повітрі робочої зони [17]. Тяжкість роботи розділяється на категорії залежно від загальних енерговитрат організму, ккал/с (Вт). Параметри мікроклімату в виробничому приміщенні, де встановлена лінія, наведено в таблиці 1.

Таблиця 1 – Нормування параметрів мікроклімату

Період року	Категорія робіт	Температура, °C	Відносна вологість	Швидкість руху
Теплий	Iб	22-28	55 при 28°C	0,1-0,2
Холодний	Iб	21-25	75 при 25°C	Не більше 0,1

Для забезпечення необхідних за нормативами параметрів мікроклімату на робочому місці технологічного персоналу передбачається [18]:

- в холодну пору року використання калорифера;
- в літню пору застосування вентиляторів обдуву;
- провітрювання приміщення.

5.2.2 Склад повітря робочої зони

Забруднення повітря робочої зони регламентується концентраціями (ГДК) в мг/м [17]. В умовах роботи на граничнодопустимих концентраціях можливими забруднювачами повітря робочої зони можуть бути пил та шкідливі гази, їх ГДК наведено в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин у повітрі робочої зони оператора лінії

Назва речовини	ГДК, мг/м ³		Клас небезпечності
	Максимально разова	Середньо добова	
Пил нетоксичний	0.5	0.15	4

Для забезпечення складу повітря робочої зони передбачено [18]:

- провітрювання приміщення;
- цілісність вікон для перешкоджання попадання пилу в приміщення під час роботи лінії;
- встановлення пиловловлюючих засобів.

5.2.3 Виробниче освітлення

Природне освітлення.

В залежності від джерела світла промислове освітлення поділяється на: - природне освітлення – освітленість приміщень світлом неба (прямого або відображеного), яке проникає через світлові пройми в зовнішніх огорожених конструкціях. По своєму спектральному складу воно є найбільш сприятливим. Природне освітлення характеризується коефіцієнтом природної освітленості КПО (e_n). КПО – відношення природного освітлення, яке створюється в деякій точці заданої площини всередині приміщення світлом неба, до значення зовнішньої горизонтальної освітленості.

Основною величиною для розрахунку і нормування природного освітлення є коефіцієнт природної освітленості (КПО). Прийняте роздільне нормування КЕО для бічного і верхнього освітлення. Ті місця, що освітлюється тільки бічним світлом, нормується мінімальне значення КЕО в межах робочої зони, що повинно бути забезпечене в точках, найбільше віддалених від вікна.

Штучне освітлення.

Штучне освітлення використовується двох систем: загальне або комбіноване.

Загальне освітлення – освітлення, при якому світильники розміщуються у верхній зоні приміщення рівномірно або пристосувальне до розташування обладнання

Комбіноване освітлення - додаткове освітлення, при якому до загального освітлення додається ще й місцеве. Місцеве освітлення - освітлення, яке створюється світильниками, які концентрують світловий потік безпосередньо на робочих місцях.

Характеристика зорових робіт – середньої точності.

Відповідно до ДБН В.2.5-28-2018 [19] розряд зорової роботи IV, підрозряд «Г».

Таблиця 5.3 – Вимоги до освітлення приміщень виробничих підприємств

Х-ка зорової роботи	Найменший або еквівалентний розмір об'єкта розрізнення, мм	Розряд зорової роботи	Під-розряд зорової роботи	Контраст об'єкта з фоном	Х-ка фону	Штучне при системі комбінованого освітлення		Природне Ен пр	Сумісне Е сум
						всього	у т. ч. від загального		
Середньої точності	Від 0,5 до 1,0 включно	IV	Г	середній великий великий	світлий світлий середній	-	200	4	2,4

Для забезпечення достатнього освітлення здійснюють систематичне очищення скла та світильників від пилу (не рідше двох разів на рік), використовують жалюзі. В разі нестачі природного освітлення, використовують загальне штучне освітленням, що створюється за допомогою світлодіодних ламп E27 LED 15W NW A60 "SG". Висота підвісу світильників над робочою поверхнею 4,5 метра.

Для загального освітлення приміщень рекомендується використовувати головним чином, світлодіодні лампи, що обумовлюється наступними перевагами: високою світловою віддачею (до 75 лм/Вт і більше); довгим часом використання (до 10000 годин); малою яскравістю поверхні, що світиться; спектральним складом випромінюючого світла (для деяких видів ламп цей склад є близьким до природного світла, що забезпечує гарну передачу кольорів).

5.2.4. Виробничий шум

Для відносної логарифмічної шкали в якості нульових рівнів обрані показники, що характеризують мінімальний поріг сприйняття звуку людським вухом на частоті 1000 Гц. Нормативним документом [20], який регламентує рівні шуму для різних категорій робочих місць службових приміщень, є «ССБТ. Шум Загальні вимоги безпеки» (таблиця 5.4).

Таблиця 5.4 – Рівень звукового тиску

Характер робіт	Допустимі рівні звукового тиску (дБ) в стандартизованих октавних смугах з середньгеометричними частотами, Гц								
	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Постійні робочі місця в промислових приміщеннях	107	95	87	82	78	75	73	71	69

Для забезпечення допустимих параметрів шуму в приміщенні, проектом передбачено засоби колективного захисту: акустичні, архітектурно-планувальні й організаційно-технічні. Засоби боротьби із шумом в залежності від числа осіб, для яких вони призначені, поділяються на засоби індивідуального захисту і на засоби колективного захисту - «ССБТ. Засоби індивідуального захисту органів слуху. Загальні технічні умови і методи випробувань» і «Засоби і методи захисту від шуму. Класифікація».

Для зниження шуму в приміщенні, необхідно:

- безпосередньо біля джерел шуму використовувати звукопоглинаючі матеріали для покриття стелі, стін, застосовувати підвісні звукопоглиначі;
- для боротьби з вентиляційним шумом потрібно застосовувати мало шумові вентилятори.

5.2.5 Виробничі вібрації

Допустимі рівні загальної вібрації на робочих місцях приймаються за вимогами ДСН 32.23-85 [21] і наведені в таблиці 5.5.

Основними методами колективного віброзахисту є зниження вібрації шляхом дії на джерело виникнення: відстрочка від режиму резонанс; динамічне гасіння коливань, заміна конструктивних елементів устаткування і будівельних конструкцій. Засоби індивідуального захисту діляться на засоби для ніг, рук та тіла працюючого.

Таблиця 5.5 – Допустимі рівні вібрації на постійних місцях

Вид вібрації	Октавні смуги з середньгеометричними частотами, Гц									
	2	4	8	16	31,5	63	125	250	500	1000
Загальна вібрація на постійних робочих місцях в виробничих приміщеннях	<u>1,3</u> 108	<u>0,45</u> 99	<u>0,22</u> 93	<u>0,2</u> 92	<u>0,2</u> 92	<u>0,2</u> 92	-	-	-	-

В чисельнику середньоквадратичне значення вібрації, м/с 10^{-2} , знаменнику - логарифмічні рівні вібрації, дБ.

5.2.6 Психофізіологічні фактори

Психофізіологічні фактори визначаються відповідно до Гігієнічної класифікації праці [12]. Робота монтажника будівельних конструкцій потребує великих фізичних зусиль за важкістю та напруженістю праці.

1. Клас умов праці за показниками важкості праці – допустимий (середньої важкості): загальні енергозатрати організму (ккал/м) – до 290; зовнішнє фізичне динамічне навантаження, виражене в одиницях механічної роботи за зміну, кг/(Вт): при регіональному навантаженні (для чоловіків) – 13000; при загальному навантаженні (за участю м'язів рук, тулуба, ніг) – до 44000; маса вантажу, що постійно підіймається та переміщується вручну, кг – до 30 кг; стереотипні робочі рухи: при локальному навантаженні (участь м'язів кистей та пальців рук)- до 40000; при регіональному навантаженні(участь рук та плечового суглоба) – до 20000;

статичне навантаження (кг/с): двома руками (чоловіки) – до 70000; за участю м'язів тулуба та ніг – до 100 000; робоча поза: періодичне перебування в незручній позі (робота з поворотом тулуба, незручним розташуванням кінцівок) та/або фіксованій позі (неможливість зміни взаємне розташування різних частин тіла відносно одна одної) до 25% часу зміни; перебування у вимушеній позі до 10%, в позі «стоячи» – до 60% часу зміни; нахил тулуба: вимушені нахили протягом зміни – 51-100 разів; переміщення у просторі (переходи через виконання технологічного процесу) – по горизонталі більше 8, вертикалі – 4 км.

2. Класи умов праці за показниками напруженості праці:

Інтелектуальні навантаження: зміст роботи – рішення складних завдань з вибором за алгоритмом (робота за серією інструкцій); сприймання сигналів з наступним порівнянням фактичних значень параметрів з їх номінальними значеннями. Заключна оцінка фактичних значень параметрів; обробка, перевірка і контроль за виконанням завдання; робота в умовах дефіциту часу.

Сенсорні навантаження: зосередження (%за зміну) – 51-75; щільність сигналів (звукові за 1 год) – 151-300; навантаження на голосовий апарат (протягом тижня) – від 20 до 25.

Емоційне навантаження: ступінь відповідальності за результат своєї діяльності – є відповідальним за функціональну якість допоміжних робіт (завдань). Вимагає додаткових зусиль з боку керівництва (бригадира, майстра тощо).

Режим праці: тривалість робочого дня – 8 год; змінність роботи – двозмінна (без нічної зміни).

5.3 Безпека у надзвичайних ситуаціях. Дослідження безпеки роботи системи електропостачання ТОВ «Гайсинський молокозавод» в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій

Надзвичайні ситуації природного характеру формуються внаслідок природних явищ, як повені, землетруси, посухи тощо. Загалом надзвичайні ситуації розрізняють за конкретними природними явищами, що викликають ці ситуації. До них належать великі повені, катастрофічні затоплення, землетруси та зсувні

процеси, лісові та польові пожежі, великі снігопади та ожеледі, урагани, смерчі та шквальні вітри тощо.

Утворення ожеледі на проводах призводить до появи значного механічного навантаження на дроти, троси і опори у вигляді додаткових вертикальних сил. Це знижує запас міцності проводів, тросів і опор ліній. В результаті бурулькових утворень виникають обриви проводів і поломки опор, зближення і дотикання проводів з перекриттям ізоляційних проміжків не тільки при перенапруженнях, а й при нормальній робочій напрузі.

Дія радіації на матеріали і деталі апаратури залежить від виду випромінювання, дози радіації, природи опромінюваної речовини та умов навколишнього середовища. Саме тому елементах системи електропостачання використовують обладнання, яке виготовлене з таких матеріалів: метали, неорганічні матеріали, напівпровідники та ін. серед цих матеріалів метали найбільш чутливі до радіації, оскільки їм властива висока концентрація вільних носіїв.

Внаслідок дії радіації виникають оборотні і необоротні процеси, що спричиняють порушення роботи елементів схеми та пошкодження апаратури.

В схемах системи електропостачання ТОВ «Гайсинський молокозавод» використовуються елементи, до складу яких входять матеріали: метали, неорганічні матеріали, напівпровідники, діелектрики, смоли та ін. Серед цих матеріалів метали найбільш чутливі до радіації, оскільки їм властива висока концентрація вільних носіїв.

В елементах схем електропостачання заводу радіація викликає оборотні і необоротні процеси, внаслідок яких можуть бути порушення роботи елементів Схеми, що приведе до пошкодження роботи верстата в цілому.

Результатом впливу ЕМІ може бути вихід із ладу різних пристроїв та спорядження. Особливо негативний вплив електромагнітного імпульсу на обладнання, яке не має спеціального захисту (різні «домішки» до системи проводів, електромагнітне екранування і т.п.).

Електромагнітний імпульс викликає високі імпульси струмів і напруг в провідниках і кабелях зв'язку, електропередач, систем обчислювальних машин і автоматичних систем управління, антенах радіостанцій тощо.

Електромагнітний імпульс являє собою велику небезпеку для апаратури, добре захищеної від дії інших вражаючих факторів. Тому захист апаратури від механічних пошкоджень не захищає від дії електромагнітного імпульсу.

Саме тому, обов'язковим для обладнання заводу є дослідження безпеки роботи обладнання під час дії електромагнітного імпульсу та іонізуючого випромінювання.

5.3.1 Дослідження безпеки роботи системи електропостачання ТОВ «Гайсинський молокозавод» в умовах дії іонізуючого випромінювання

Критерієм для оцінки безпеки роботи об'єкта в умовах дії іонізуючого випромінювання є максимальне значення потужності дози, що може викликати зміни параметрів елементів системи електропостачання заводу з порушенням роботи системи.

Елементами систем електропостачання підприємства від яких залежить її функціонування є транзистори, діоди, конденсатори, магнітні матеріали, напівпровідники, випрямлячі, діелектричні матеріали, резистори.

Таблиця 5.1 - Експозиційні дози для матеріалів і елементів обладнання СЕП

№	Елементи системи електропостачання		$D_{гр,Р}$	$D_{гр,Р}$
1	Блок живлення	Мікросхема LH0021	10^4	10^4
		Резистор С5-35	10^6	
		Конденсатор Х7R	10^5	
2	Блок обробки сигналу	Операційний підсилювач LH0021	10^5	
		Резистор С2-23	10^6	
		Конденсатор К10-17	10^i	

		Цифрові потенціометри DS1807	10^5
3	Мікропроцесорний блок	Мікроконтролер AVR	10^5

По мінімальному значенню визначаємо границю стійкості роботи РЕА в цілому $P_{гр} = 10^4$ Р. Можлива експозиційна доза опромінення:

$$t_n = 1 \text{ год};$$

$$t_k = 12 \text{ років} = 103800 \text{ год};$$

$$K_{осл} = 1.$$

3) Максимально допустимий рівень радіації на об'єкті:

$$D_{zp} = \frac{2 \cdot P_{1\max} \cdot (\sqrt{t_k} - \sqrt{t_n})}{K_{noc}} [P] \Rightarrow$$

$$\Rightarrow P_{1\max} = \frac{D_{zp} \cdot K_{noc}}{2 \cdot (\sqrt{t_k} - \sqrt{t_n})} [P / \text{год}], \quad (5.1)$$

$$P_{1\max} = \frac{10^4 \cdot 1}{2 \cdot (\sqrt{1038000} - \sqrt{1})} = 15,56 (P / \text{год}).$$

4) Визначаємо допустимий час роботи РЕА:

$$t_{don} = \left(\frac{D_{zp} \cdot K_{noc} + 2 \cdot P_{1\max} \sqrt{t_p}}{2 \cdot P_{1\max}} \right)^2 [\text{год}] \quad (5.2)$$

$$t_{don} = \left(\frac{10^4 \cdot 1 + 2 \cdot 15,56 \cdot \sqrt{1}}{2 \cdot 15,56} \right)^2 = 1039 \cdot 10^4 (\text{год}) = 11,86 (\text{років})$$

Отже, допустимий час роботи РЕА складатиме близько 12 років, система електропостачання буде безпечно працювати в умовах дії іонізуючих випромінювань, якщо максимальне значення рівня радіації не перебільшуватиме 15,56 Р/год.

5.3.2 Дослідження безпеки роботи системи електропостачання ТОВ «Гайсинський молокозавод» в умовах дії електромагнітного імпульсу

За критерій безпеки роботи системи електропостачання або окремих їх елементів в умовах дії електромагнітних випромінювань можна прийняти коефіцієнт безпеки:

$$K_B = 20 \lg \frac{U_{\partial on}}{U_{B(\Gamma)}} \geq 40 [\partial B] \quad (5.3)$$

де U_d - допустиме коливання напруги живлення, В;

$U_{B(\Gamma)}$ - наруга наведення за рахунок електромагнітних випромінювань у вертикальних (горизонтальних) струмопровідних частинах, В.

Для живлення використовується мережа живлення змінної напруги 220 В, для кола керування - постійної ± 9 В.

Таблиця 5.2 - Параметри блоків системи СЕП елеватору.

№	Блоки системи	1_B (м)	1_Γ (м)	U_Γ (В)	U_B (В)
1	Блок живлення	2	2,5	0,09	0,09
2	Блок обробки сигналу	1	1,5	2,31	35,57
3	Мікропроцесорний блок	0,8	1	3,99	63,84

Допустимі коливання напруги живлення для різних ділянок:

$$U_d = U_{\text{ж}} + \frac{U_{\text{ж}}}{100} \cdot N [B]$$

(5.6)

де $U_{\text{ж}}$ – наруга живлення, В;

N – допустимі коливання, %

Вся система живиться від змінної напруги 380(В) та напруги 220(В), а коло

у

п

Допустимі коливання великого кола:

р

а

$$U_d = 380 + \frac{380}{100} \cdot 5 = 399 (B) .$$

в

Допустимі коливання кола:

л

і

н

$$U_{\text{д}} = 220 + \frac{220}{100} \cdot 5 = 231 \text{ (В)} .$$

Допустима напруга для кола керування($U_{\text{ж}}=24\text{В}$):

$$U_{\text{д}} = 24 + \frac{24}{100} \cdot 5 = 25,2 \text{ (В)} .$$

Визначення напруги ($U_{\text{ж}}=380\text{В}$) наведеної у струмопровідній частині:

- вертикальної:

$$U_{\text{в}} = \frac{399}{10^2} = 3,99 \text{ (В)} ;$$

Визначаємо горизонтальну складову напруженості електричного поля.

$$E_{\text{г}} = \frac{3,99}{2} = 1,995 \text{ (В / м)} .$$

Визначаємо вертикальну складову напруженості електричного поля.

$$E_{\text{в}} = \frac{E_{\text{г}}}{10^{-3}} \text{ [В / м]} ; E_{\text{в}} = \frac{1,9}{10^{-3}} = 1995 \text{ (В / м)} .$$

Визначення напруги ($U_{\text{ж}}=220\text{В}$) наведеної у струмопровідній частині:

- вертикальної:

$$U_{\text{в}} = \frac{231}{10^2} = 2,31 \text{ (В)} ;$$

Визначаємо горизонтальну складову напруженості електричного поля.

$$U_{\text{в}} = E_{\text{г}} \cdot l_{\text{в}} ; E_{\text{г}} = \frac{U_{\text{в}}}{l_{\text{в}}} \text{ [В / м]} ; E_{\text{г}} = \frac{2,31}{1} = 2,31 \text{ (В / м)} .$$

Визначаємо вертикальну складову напруженості електричного поля.

$$E_{\text{в}} = \frac{E_{\text{г}}}{10^{-3}} \text{ [В / м]} ; E_{\text{в}} = \frac{2,31}{10^{-3}} = 2310 \text{ (В / м)} .$$

Визначення напруги ($U_{\text{ж}}=24 \text{ В}$) наведеної у струмопровідній частині:

- вертикальної:

$$U_B = \frac{25,2}{10^2} = 0,252 \text{ (В)} ;$$

Визначаємо горизонтальну складову напруженості електричного поля.

$$U_B = E_\Gamma \cdot l_B ; E_\Gamma = \frac{U_B}{l_B} \text{ [В / м]} ; E_\Gamma = \frac{0,252}{0,8} = 0,315 \text{ (В / м)} .$$

Визначаємо вертикальну складову напруженості електричного поля.

$$E_B = \frac{E_\Gamma}{10^{-3}} \text{ [В / м]} ; E_B = \frac{0,3}{10^{-3}} = 315 \text{ (В / м)} .$$

Отже, система електропостачання ТОВ «Гайсинський молокозавод» буде безпечно працювати в умовах дії електромагнітного імпульсу за умови, що вертикальна складова напруженості електричного поля не буде перебільшувати $E_{\text{Вгр}}=300 \text{ В/м}$.

5.4 Розробка заходів по підвищенню безпеки роботи системи електропостачання ТОВ «Гайсинський молокозавод» в умовах дії загрозливих чинників НС

Основними заходами щодо підвищення радіаційної безпеки можуть бути: використання в апаратурі радіаційної стійких елементів і матеріалів; застосування для електронних блоків різних апаратних пасивних екранів або активного захисту від дії радіації. При імпульсній дії іонізаційних випромінювань крім перерахованих заходів використовують: схеми малочутливі до зміни електричних параметрів; зменшення чутливості перемикальних схем до зміни вхідних сигналів і напруг джерел живлення; зниження напруги живлення на аноді і збільшення негативного зміщення сіток газорозрядних приладів; застосування пристроїв, що вимикають радіотехнічні схеми на час дії радіації; збільшення відстані між елементами, які знаходяться під навантаженням та ін.

В умовах дії електромагнітного імпульсу, доцільно виконати захисне екранування даного обладнання, що дасть змогу зменшити його вплив. В якості

матеріалу для екрану вибираємо сталь, для якої перехідне затухання визначається за формулою:

$$A = 5,2 \cdot t \cdot \sqrt{f} \text{ [дБ]}; \quad (5.7)$$

$$t = \frac{A}{5,2 \cdot \sqrt{f}} \text{ [см]}.$$

де t – товщина стінки екрана, см;

$f=15000$ Гц.

Визначаємо з даної формули товщину стінки екрана для кожного елемента системи:

$$t_1 = \frac{72,8}{5,2 \cdot \sqrt{15000}} = 0,12 \text{ (см)}; \quad t_2 = \frac{53,2}{5,2 \cdot \sqrt{15000}} = 0,08 \text{ (см)};$$

$$t_3 = \frac{66,7}{5,2 \cdot \sqrt{15000}} = 0,1 \text{ (см)}.$$

Отже застосування сталевих екранів суттєво підвищить стійкість роботи системи електропостачання ТОВ «Гайсинський молокозавод».

Також, в даному розділі проаналізовано основні шкідливі фактори іонізуючих випромінювань та ЕМП, можливі наслідки їх дій на електричну мережу, розроблено методи по підвищенню безпеки роботи системи електропостачання ТОВ «Гайсинський молокозавод» та захисту населення.

При проведенні дослідження безпеки роботи системи електропостачання заводу в умовах дії іонізуючих випромінювань та електромагнітного імпульсу було визначено, що обладнання в умовах впливу на нього цих випромінювань буде працювати безпечно, оскільки під час експлуатації виконуватимуться наступні умови: рівень радіації $P_1 \leq 15,56$ Р/год, вертикальна складова напруженості електричного поля $E_B \leq 315$ В/м.

5.5 Висновок

У даному розділі магістерської дипломної роботи розглянуті важливі аспекти з охорони праці та цивільного захисту під час впровадження та експлуатації системи електропостачання підприємства «Гайсинський молокозавод» у місті Гайсин. Зокрема, здійснено аналіз факторів, що впливають на оперативно-ремонтний персонал, а також встановлено заходи забезпечення безпеки та комфорту працівників під час монтажу та обслуговування електрообладнання.

Важливо створити належний температурний режим під час робіт, щоб забезпечити виконання санітарно-гігієнічних норм праці та виробництва продовольчих товарів. Неструмопровідні частини, що можуть опинитися під напругою, повинні бути заземлені для забезпечення безпеки працівників. Досліджено фізичні, хімічні та фактори трудового процесу, такі як мікроклімат, вібрація, шум та інші, що можуть впливати на здоров'я працівників. Взято до уваги важкість та напруженість праці для оптимізації робочих умов. Розглянуті питання електробезпеки та запобігання можливим аварійним ситуаціям під час робіт та експлуатації. Вивчено заходи цивільного захисту та надзвичайних ситуацій для забезпечення безпеки персоналу та об'єкта.

Для оцінки стабільності функціонування системи електропостачання приватного підприємства «Гайсинський молокозавод» в умовах іонізуючого випромінювання та електромагнітного імпульсу (ЕМІ), було проведено наукове дослідження впливу радіації на електронну апаратуру та електричні системи. Враховуючи також можливий вплив ЕМІ, були розглянуті заходи щодо захисту від цього явища.

Для запобігання негативного впливу іонізуючого випромінювання були запропоновано застосування екранувальних матеріалів на ключових елементах електроніки для мінімізації проникнення радіації.

Одночасно, для запобігання негативного впливу ЕМІ, розглянуті можливості використання захисних пристроїв, таких як екранувальні матеріали та фільтри, що дозволяють зменшити або вилучити небажані електромагнітні перешкоди.

ВИСНОВКИ

За результатами виконання досліджень у магістерській кваліфікаційній роботі, направлених на підвищення енергоефективності електропостачання Товариства з обмеженою відповідальністю «Гайсинський молокозавод» у місті Гайсин, були отримані наступні висновки.

В процесі дослідження було визначено розрахункові навантаження цехів підприємства за допомогою методу коефіцієнта попиту. Оптимальний переріз повітряних ліній для живлення підприємства був визначений на основі цих розрахунків. Запропоновано застосовувати дві повітряні лінії з проводами марки АС-50/8.

У науково-дослідній частині роботи було розроблено заходи з підвищення енергоефективності підприємства: компенсація реактивної потужності і оптимальне використання трансформаторів. Визначено потужність компенсуючих установок, яка складає 330 квар. При цьому прийнято, що вхідна реактивна потужність, що задана енергосистемою, є 40 квар.

Виконано розрахунок зниження втрат електроенергії в повітряній ЛЕП і трансформаторі, які живляться від підстанції 35/10 кВ внаслідок компенсації РП з використанням методу середніх навантажень. Встановлено, що таке зниження становить 15000 кВт*год за рік, що складає 36%. При цьому вартість зниження втрат енергії складає понад 125000 грн в рік. У випадку живлення підприємства від двох трансформаторів, потужністю 630 та 1000 кВА і застосування КРП, зниження втрат в лініях і трансформаторах становить 30000 кВт*год за рік, що складає 75%. При цьому вартість зниження втрат енергії складає 260000 грн в рік.

Економічна частина досліджень полягала у визначення капітальних вкладень, витрат на електроенергію, кількості робітників та собівартості електроенергії.

В останньому розділі роботи було обґрунтовано заходи з охорони праці, які включали в себе аналіз та рекомендації з покращення умов праці а також безпеки на підприємстві.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бурбело М. Й., Бірюков О. О., Мельничук Л. М. Системи електропостачання. Елементи теорії та приклади розрахунків. Вінниця: ВНТУ, 2012. 204 с.
2. Бурбело М. Й., Мельничук Л. М. Стимулювання зменшення втрат в електричних мережах: Монографія. Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2008. 110 с.
3. Рогальський Б. С. Визначення та розподілення втрат електричної енергії між споживачами / Б. С. Рогальський, Л. М. Мельничук // Вісник Вінницького політехнічного інституту. 2004. № 1. С. 38–41.
4. Мельничук Л. М. Визначення та розподілення втрат електричної енергії між споживачами з урахуванням їх графіків навантажень / Л. М. Мельничук // Енергетика та електрифікація. 2006. № 5. С. 19–21.
5. Методичні вказівки з аналізу технологічних витрат електроенергії та вибору заходів щодо їх зниження: ГНД34.09.204-2004: Затв. Міністерством палива та енергетики України 09.06.2004: Термін дії встановлений з 09.06.2004 до 09.06.2009. – К.: 2004. – 159 с. – (Нормативний документ Мінпаливенерго України).
6. Наказ Міністерства енергетики та вугільної промисловості України Про затвердження нормативного документа "Визначення технологічних витрат електричної енергії в трансформаторах і лініях електропередавання. Методика" №532 від 22 вересня 2011 року.
7. Методичні рекомендації з аналізу технологічних витрат електричної енергії та вибору заходів щодо їх зниження. СОУ-Н ЕЕ 40.1-00100227-96:2014. ЗАТВЕРДЖЕНО наказом Міністерства енергетики та вугільної промисловості України від 24 лютого 2014 р. № 217 (зі змінами, внесеними наказом Міністерства енергетики та вугільної промисловості України від 27.03.2014 № 267.1).
8. Кирик В. В., Циганенко Б. В., Яндульський О. С. Розподільні електричні мережі напругою 20 кВ та ефективність їх роботи. К.: «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2018. 233 с.

9. Бурбело М. Й., Войтюк Ю. П., Мельничук Л. М. Підвищення ефективності компенсації реактивної потужності в розподільних електричних мережах: монографія. Вінниця : ВНТУ, 2019. 88 с.

10. Демов О. Д. Оптимізація процесу впровадження компенсувальних установок у розподільних електричних мережах енергопостачальних компаній: монографія. Вінниця : ВНТУ, 2016. 97 с.

11. Демов О. Д., Півнюк Ю. Ю. Оптимізація впровадження та використання компенсувальних установок у розподільних електричних мережах енергопостачальних споживачів: монографія. Вінниця : ВНТУ, 2018. 80 с.

12. ДСНіП «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу». Наказ МОЗ № 248 від 08.04.2014.

13. ДСТУ-Н Б А 3.2-1: 2007 Настанова щодо визначення небезпечних і шкідливих факторів та захисту від їх впливу при виробництві будівельних матеріалів і виробів та їх використання в процесі зведення та експлуатації об'єктів будівництва. URL: <https://profidom.com.ua/a-3/a-3-2/824-dstu-n-b-a-3-2-12007-nastanova-shhodo-viznachenna-nebezpechnih-i-shkidlivih-faktoriv->.

14. ДБН А.3.2-2-2009. ССБП. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення. URL: https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/dbn_a322_2009/1-1-0-945.

15. ДСТУ Б В.2.5-82:2016. Електробезпека в будівлях і спорудах. Вимоги до захисних заходів від ураження електричним струмом. К. : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 109 с.

16. НПАОП 40.1-1.32-01 (ДНАОП 0.00-1.32-01) Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок (Правила устройства электроустановок. Электрооборудование специальных установок). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0272203-01#Text>.

17. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. URL: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1972>.

18. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. К. : Мінрегіонбуд України, 2013. 149 с.

19. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=79885

20. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. URL: <http://document.ua/sanitarni-normi-virobnichogo-shumu-ultrazvuku-ta-infrazvuku-nor4878.html>.

21. ДСН 3.3.6.039-99. Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/rada/show/va039282-99>.

22. Кодекс цивільного захисту України. К.: ВР України, 2012. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/5403-17>.

23. Оптимальне використання трансформаторів на промисловому підприємстві [Електронний ресурс] / О.В. Бабенко, В.Р. Мазуренко., В.В. Захаров // LIV Науково-технічна конференція факультету електроенергетики та електромеханіки (2025) Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-feeem/all-feeem-2025/paper/view/22880/18868>

ДОДАТКИ

Додаток А

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

УЗГОДЖЕНО

“ ” _____ 2024р.

ЗАТВЕРДЖЕНО
Зав. кафедри ЕСЕМ

д.т.н., проф. Бурбело М.Й.
“ ” _____ 2024р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

до магістерської кваліфікаційної роботи
на тему:

Підвищення енергоефективності Товариства з обмеженою відповідальністю

«Гайсинський молокозавод»

08-22.МКР.008.00.000 ТЗ

Науковий керівник:

к.т.н., доц. Бабенко О.В. _____
(підпис)

Виконавець: студент гр. ЕСЕ-23м

Мазуренко В.Р. _____
(підпис)

Вінниця 2024 р.

1. ПІДСТАВА ДЛЯ ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ (МКР)

Робота виконується на підставі наказу ВНТУ за № 310 від 17.09.24р.

Дата початку роботи 14.10.24р.

Дата закінчення роботи 07.12.24р.

2. МЕТА І ПРИЗНАЧЕННЯ МКР. ВИХІДНІ ДАНІ ДЛЯ РОЗРОБКИ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ

а) *мета* – Підвищення енергоефективності Товариства з обмеженою відповідальністю «Гайсинський молокозавод»;

б) *призначення розробки* – виконання магістерської кваліфікаційної роботи.

в) *вихідні дані для виконання МКР*:

генплан підприємства (об'єкта); план цеха (об'єкта, ділянки, приміщення) із розташуванням обладнання; відомості про особливості технологічних процесів та навколишнього середовища (внутрішнього та зовнішнього); відомості про електричні навантаження підприємства (цеха, об'єкта, ділянки, приміщення); відомості про джерела живлення, їх віддаленість; графіки електричних навантажень (для діючого підприємства, енергетичного району); основні техніко-економічні показники.

3. ДЖЕРЕЛА РОЗРОБКИ

3.1 Правила улаштування електроустановок (перше переглянуте, перероблене, доповнене та адаптоване до умов України видання). – Міністерство енергетики та вугільної промисловості України, 2017, 617 с.

3.2. Бурбело, М. Й. Розрахунок внутрішнього електропостачання : навчальний посібник / Бурбело М. Й. – Вінниця : ВНТУ, 2017. – 123 с.

3.3 Кобилянський О.В., Терещенко О.П. Методичні вказівки відносно опрацювання розділу "Охорона праці" в дипломних проектах и роботах студентів електротехнічних спеціальностей: навч. Посіб. Вінниця, ВНТУ, 2003. 46 с.

3.4 Демов О. Д. «Економія електроенергії на промислових підприємствах». – Вінниця: ВНТУ, 2006р.

4. ЕТАПИ І ТЕРМІН ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Зміст етапу	Термін виконання	
	початок	кінець
4.1 Збір інформації, яка необхідна для дослідження	14.10	20.10
4.2 Проведення дослідних розрахунків	20.10	20.11
4.3 Розробка робочих креслень	20.11	22.11
4.4 Написання розрахунково-пояснювальної записки і захист магістерської роботи	22.11	07.12

5. МАТЕРІАЛИ, ЩО ПОДАЮТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ МКР

Пояснювальна записка МКР, графічні і ілюстровані матеріали, анотація до МКР українською та іноземною мовою.

6. ПОРЯДОК КОНТРОЛЮ ВИКОНАННЯ ТА ЗАХИСТУ МКР

Робота приймається на проміжних контрольних перевірках, попередньому захисті та захисті в ДЕК.

7. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ

7.1 Дані про патентоспроможність

Не передбачається

8 ОЧІКУВАНИЙ ЕКОНОМІЧНИЙ ЕФЕКТ

Не передбачається

Додаток Б
Вихідні дані

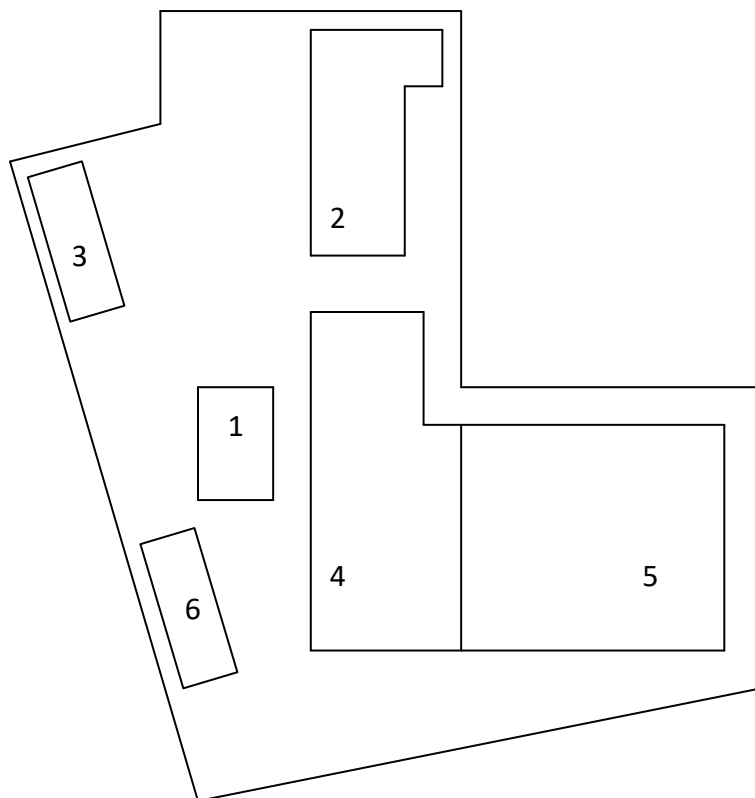


Рисунок Б.1 – Генплан товариства з обмеженою відповідальністю «Гайсинський молокозавод»

Таблиця Б.1–Відомості про електричні навантаження підприємства

Вузли живлення ЕП	Рн
1. Котельня	95
2. Маслоцех	110
3.Казеїновий цех	205
4.Сироробний цех	175
5.Приймально-апаратний цех	85
6. Механічні майстерні	65

Керівник роботи _____ Бабенко О.В.
(підпис) (прізвище, ініціали)

Додаток Г – Ілюстративна частина

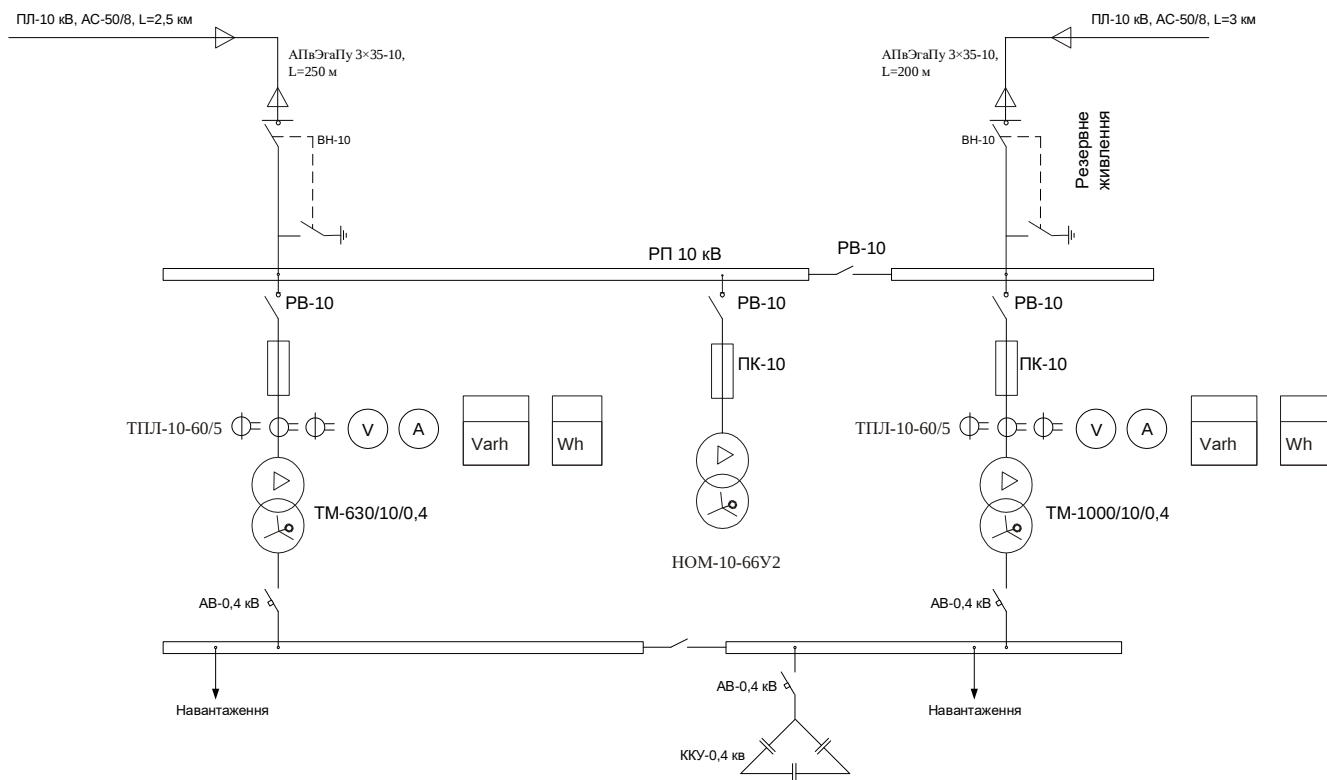


Рисунок Г.1– Однолінійна схема

Додаток Г – Ілюстративна частина (продовження)

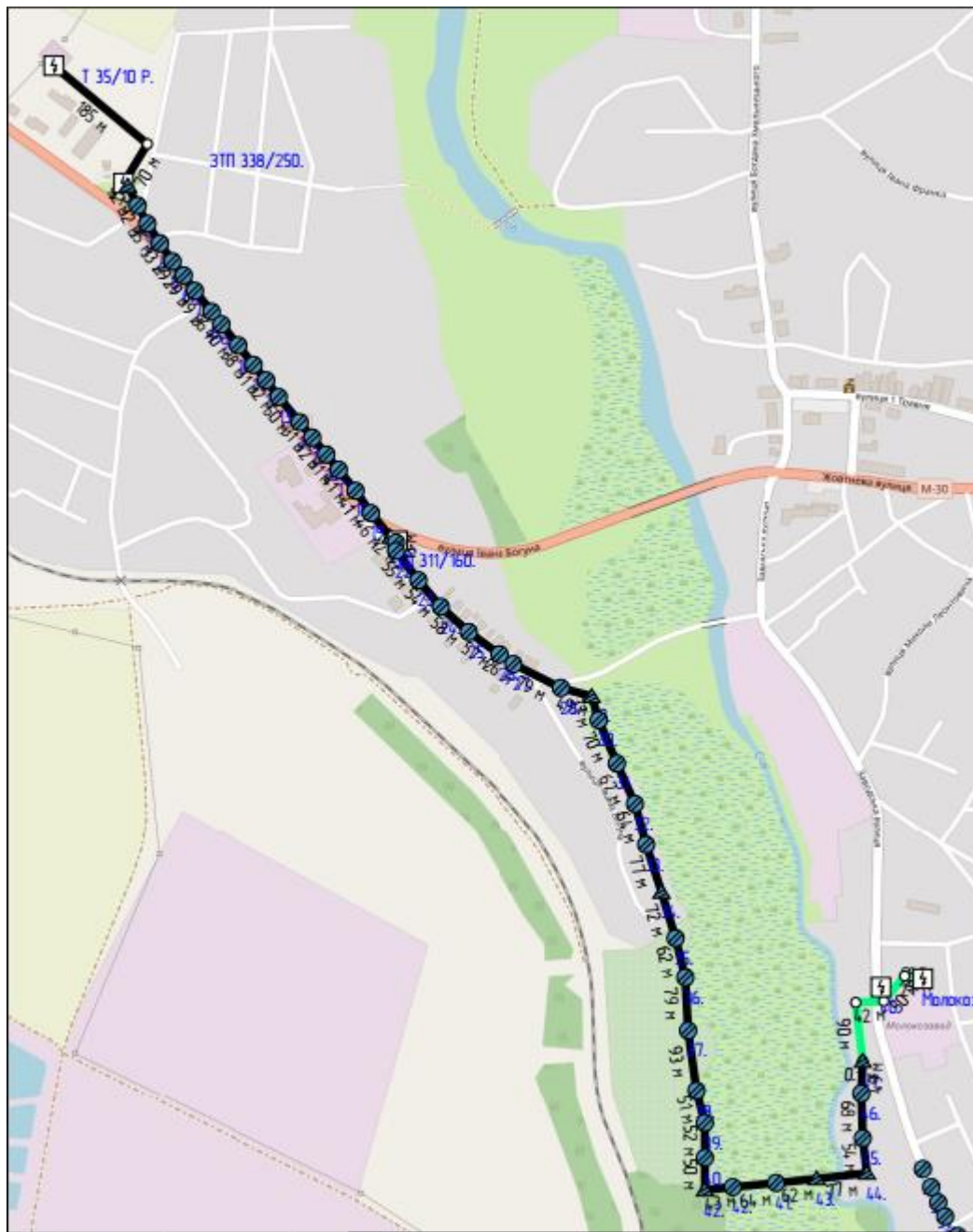


Рисунок Г.2 – Модель електричної мережі в SiCAD

Додаток Г – Ілюстративна частина (продовження)

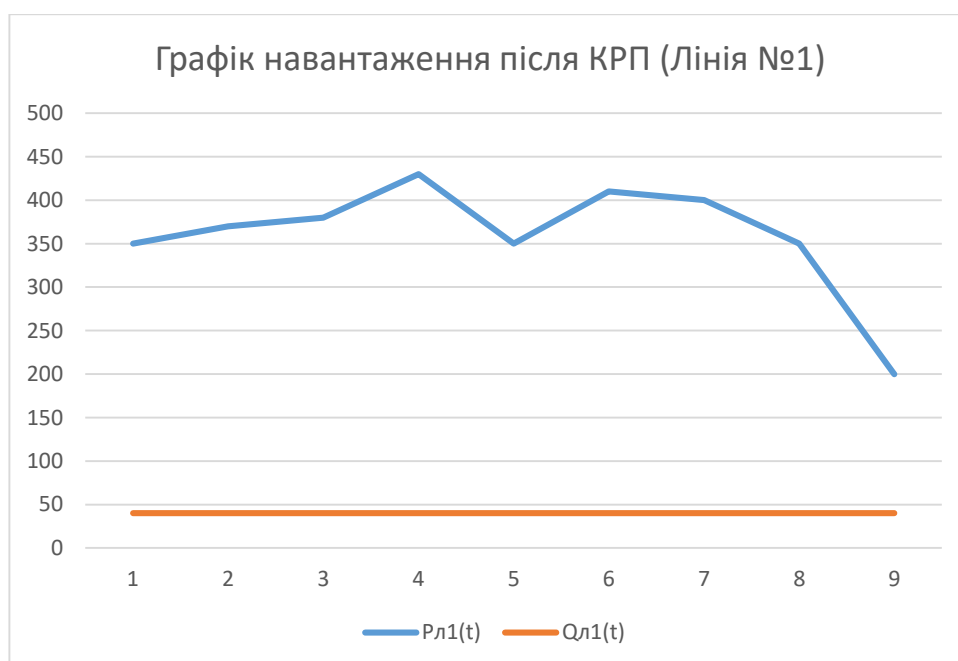
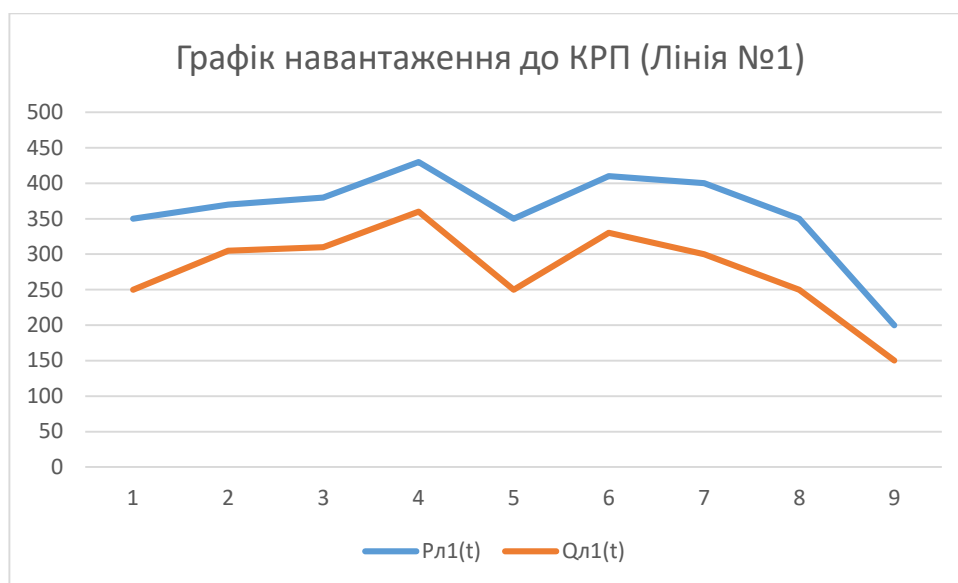


Рисунок Г.3– Графіки навантаження лінії 1 до та після КРП

ДОДАТОК Г – Ілюстративна частина (продовження)

а)

Після КРП			До КРП			Різниця		
Wдоб	68,65855	кВт*год	Wдоб	108,92248	кВт*год	40,263929	кВт*год	
Wрічн	25060,37	кВт*год	Wрічн	39756,705	кВт*год	14696,334	кВт*год	
В	213013,1	грн	В	337931,99	грн	124918,84	грн	

б)

Після КРП			До КРП			Різниця		
Wдоб	27,51855	кВт*год	Wдоб	43,656456	кВт*год	16,137904	кВт*год	
Wрічн	10044,27	кВт*год	Wрічн	15934,607	кВт*год	5890,3351	кВт*год	
В	79707,54	грн	В	135444,16	грн	55736,617	грн	

в)

Після КРП			До КРП			Різниця		
Wдоб	27,51855	кВт*год	Wдоб	108,92248	кВт*год	81,403927	кВт*год	
Wрічн	10044,27	кВт*год	Wрічн	39756,705	кВт*год	29712,433	кВт*год	
В	79707,54	грн	В	337931,99	грн	258224,45	грн	

Рисунок Г.4 – а) Результати КРП під час експлуатації однієї лінії, б) Результати КРП під час експлуатації двох ліній, в) Результати КРП під час експлуатації двох ЛЕП порівняно з випадком без КРП і експлуатацією лише першої ЛЕП

ДОДАТОК Г – Ілюстративна частина (продовження)

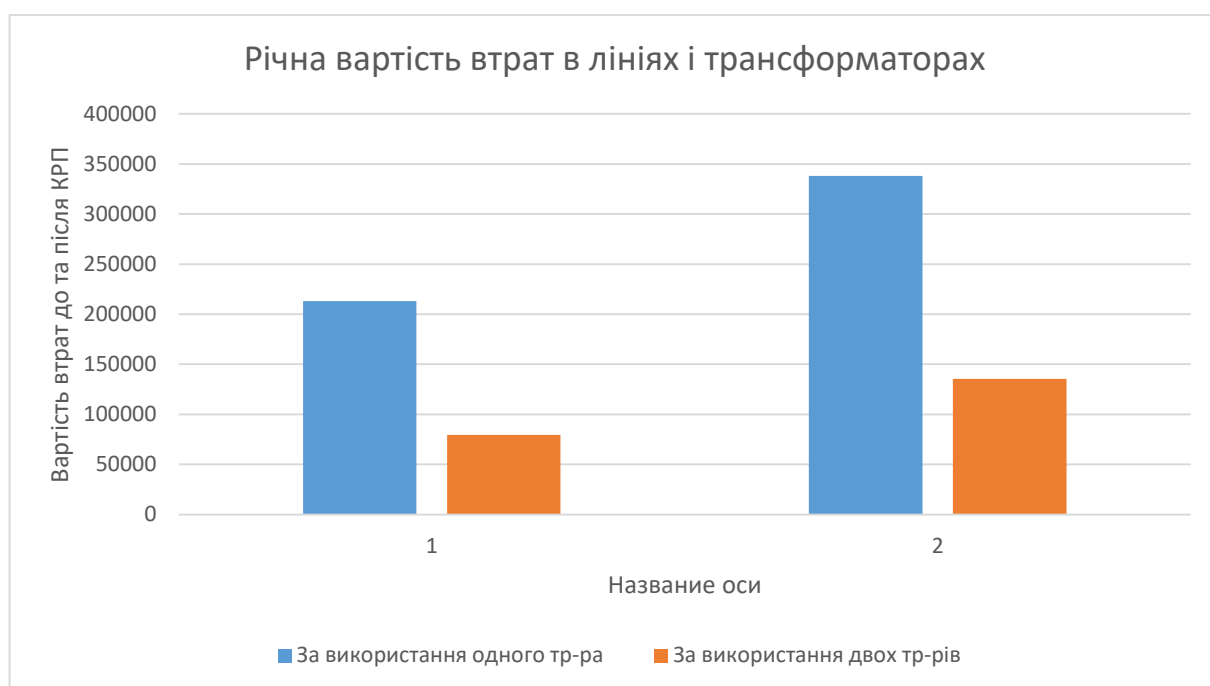


Рисунок Г.5 – Зниження втрат електроенергії в лініях і трансформаторах за умови компенсації реактивної потужності і застосування одного (ліві стовпчики 1 та 2) та двох трансформаторів (праві стовпчики 1 та 2)